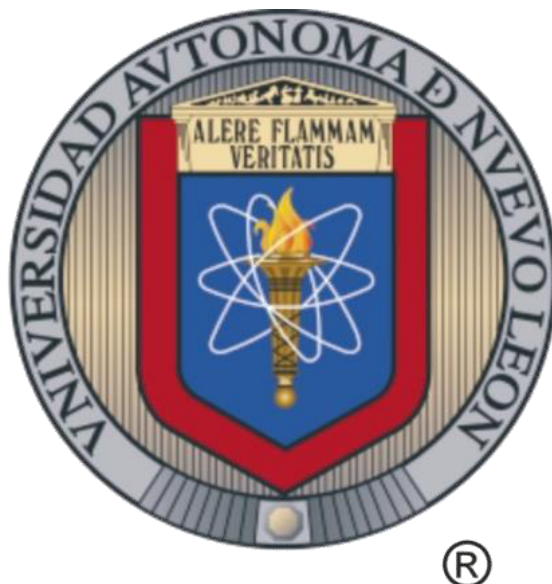


**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



TESIS

**MANEJO DE HERBICIDAS SINTÉTICOS Y EXTRACTOS VEGETALES
PARA CONTROLAR MALEZAS EN CULTIVOS BÁSICOS:
MAÍZ, FRIJOL Y SORGO**

PRESENTA

ING. LUCERO MUÑIZ MORENO

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA
EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

NOVIEMBRE, 2017

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



TESIS

**MANEJO DE HERBICIDAS SINTÉTICOS Y EXTRACTOS VEGETALES
PARA CONTROLAR MALEZAS EN CULTIVOS BÁSICOS:
MAÍZ, FRIJOL Y SORGO**

PRESENTA

ING. LUCERO MUÑOZ MORENO

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA
EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE AGRONOMÍA**



TESIS

**MANEJO DE HERBICIDAS SINTÉTICOS Y EXTRACTOS VEGETALES
PARA CONTROLAR MALEZAS EN CULTIVOS BÁSICOS:
MAÍZ, FRIJOL Y SORGO**

PRESENTA

ING. LUCERO MUÑIZ MORENO

**PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA
EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA**

GENERAL ESCOBEDO, NUEVO LEÓN, MÉXICO

NOVIEMBRE, 2017

**ESTA TESIS FUE REVISADA Y APROBADA POR EL
COMITÉ PARTICULAR COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE**

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

COMITÉ PARTICULAR

**Dr. José Elías Treviño Ramírez
Asesor Principal**

**PhD. Francisco Zavala García
Asesor Auxiliar**

**M.C. Jesús Andrés Pedroza Flores
Asesor Auxiliar**

**Dr. Guillermo Cristian G. Martínez Ávila
Asesor Auxiliar**

**Dra. Adriana Gutiérrez Díez
Subdirección de Estudios de Posgrado**

DEDICATORIA

A Dios mi Padre, que me ha acompañado durante este caminar sin soltarme de su mano, dándome la fortaleza necesaria para levantarme día con día; el entendimiento, la paciencia y el valor, para enfrentarme a cada uno de los retos que se presentaron en mi camino. Y la gran bendición de hoy, finalizar esta tesis.

A mi hija Leylah Izel Espinoza Muñiz; mi vida, sé que he dejado de estar más tiempo contigo, ha sido así, para tratar de darte un futuro mejor. El esfuerzo y valor de dejarte a diario ha sido todo por ti. Te quiero mucho.

A mi esposo Luis Enrique Espinoza Orozco, por su apoyo en cada una de las actividades realizadas en campo, por su amor, consejos, paciencia y comprensión.

A mis padres Francisca Moreno Rodríguez, Juan Manuel Muñiz Moreno y a mi abuelita Carmela Rodríguez Rivera, que siempre me alentaron a seguir adelante. Gracias por sus consejos y palabras de apoyo, me ayudaron mucho para poder terminar mis estudios.

A mi hermana Mónica Esmeralda Muñiz Moreno quien sacrificó su trabajo, tiempo y esfuerzo para cuidar de mi hija. Gracias hermanita sin tu ayuda no lo hubiera logrado.

A mi hermana Alondra Muñiz Moreno que nunca dejo de echarme porras y animarme cuando me sentía abatida.

Y a mi gran amiga Karla Andrea Frausto Jaime, Dios nos hizo coincidir en el camino por alguna razón. Gracias por apoyarme en cada una de mis dudas.

Gracias a todos por su apoyo.

Dios los Bendiga.

AGRADECIMIENTOS

Al CONACYT por haberme otorgado la beca de manutención que me ayudó para realizar parte de mi investigación y pagar mi estancia durante el periodo de la Maestría.

A la Facultad de Agronomía por las facilidades y el apoyo brindado desde el inicio hasta la finalización de mis estudios.

Al Dr. José Elías Treviño Ramírez, asesor principal, por su apoyo incondicional en el trabajo de investigación, por su amabilidad y tiempo durante las revisiones de cada uno de los escritos, por sus consejos, por su amistad y cariño.

Al Dr. Francisco Zavala García, asesor auxiliar por hacer un espacio en su agenda para poder atenderme cuando lo necesitaba, gracias por sus consejos.

Al MC. Jesús Andrés Pedroza Flores, asesor auxiliar por escucharme y animarme cada vez que lo necesitaba, por sus consejos y sus regaños que sirvieron de mucho para centrarme y enfocarme en lo primordial.

Al Dr. Guillermo Cristian Guadalupe Martínez Ávila, asesor auxiliar por apoyarme con reactivos y materiales de laboratorio y brindarme un espacio para realizar cada una de las actividades, también le agradezco poner a mi disposición a

la estudiante Cecilia Castro quien fue mi guía durante los procesos en el laboratorio y me enseñó cada una de las técnicas de laboratorio.

Al M. C. Francisco Javier Castillo Espinosa, por apoyarme siempre, gracias por sus consejos y amistad, por ayudarme a resolver los problemas al instante y por facilitar sus oficinas tanto de Marín como de Escobedo desde que inicie con mi maestría hasta su finalización.

Al Dr. Emilio Olivares Sáenz por apoyarme y aconsejarme con sus conocimientos estadísticos gracias por brindarme su amistad.

A mis maestros de posgrado por brindarme sus conocimientos, por guiarme y hacer que no me desviara del camino.

Y a los trabajadores de campo por su ayuda y participación en las actividades realizadas en el campus de Marín durante la investigación de campo, gracias por compartir sus conocimientos y brindarme su amistad.

Gracias a todos por su apoyo.

Dios los Bendiga.

ÍNDICE

CONTENIDO	Página
ÍNDICE DE CUADROS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
RESUMEN	xxii
ABSTRACT	xxv
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Hipótesis General	3
1.1.1 Hipótesis Específicas.....	3
1.2 Objetivo General	4
1.2.1 Objetivos Específicos	4
2. REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1 Origen de las Malezas	5
2.2 Clasificación de las Malezas.	7
2.2.1 Clasificación Botánica.....	8
2.2.2 Clasificación Morfológica.	8
2.2.3 Clasificación por Ciclo de Vida.....	9

2.2.4. Clasificaciones Complementarias.	9
2.3 Ecología de la Maleza.....	10
2.4 Características Adaptativas de Malezas en Agroecosistemas.	12
2.5 Importancia en Cultivos Básicos y Daños Ocasionados por Malezas	14
2.5.1 Período Crítico de Competencia en Cultivo de Maíz.....	15
2.5.2 Período Crítico de Competencia en Cultivo de Frijol.....	16
2.5.3 Período Crítico de Competencia en Cultivo de Sorgo	16
2.6 Manejo Integrado de Malezas	17
2.7 Métodos de Control de Malezas.....	18
2.7.1 Control Cultural, Manual y Mecánico	18
2.7.2 Control Químico.....	19
2.7.2.1. Clasificación de herbicidas.....	19
2.7.2.1.1 Época de aplicación.....	19
2.7.2.1.2. Selectividad.	20
2.7.2.1.3 Modo de acción.	21
2.7.2.2 Resistencia de malezas a herbicidas	21
2.7.3 Control Biológico.....	22
2.8 Alelopatía.....	24
2.8.1 Vías de Liberación y Síntesis de Compuestos Alelopáticos	25

2.8.2 Efectos Primarios y Secundarios de Compuestos Alelopáticos sobre las Plantas.....	28
2.9 Plantas Alelopáticas como Fuente de Bioherbicidas.....	30
2.9.1 <i>Parthenium hysterophorus</i> L.....	31
2.9.2 <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.....	33
2.10 Métodos de Extracción.....	35
2.10.1. Extracción Convencional Sólido-Líquido.....	36
2.10.2 Extracción Asistida por Ultrasonido.....	36
2.11 Compuestos Fenólicos.....	37
2.11.1 Alcaloides	38
2.11.2 Taninos.....	38
2.11.3 Flavonoides	39
2.12 Método de Folin –Ciocalteu	40
2.13 Determinación de Capacidad Antioxidante por DPPH.....	40
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	42
3.1 Etapa 1 Trabajo de Laboratorio.....	42
3.1.1 Obtención de Extractos Acuosos y Etanólicos	42
3.1.2 Colecta de Especies Vegetales de Malezas a Utilizar para Extracción de Metabolitos Secundarios.....	42
3.1.3 Extracción de Metabolitos Secundarios	44

3.1.3.1. Procedimiento extracto etanólico y acuoso por método de extracción sólido-líquido.	44
3.1.3.2. Procedimiento extracto etanólico y acuoso, método de extracción asistida por ultrasonido.	44
3.1.4. Determinación de Polifenoles Totales por el Método de Folin- Ciocalteu.	45
3.1.4.1 Descripción de metodología.	45
3.1.5 Determinación de Flavonoides.	49
3.1.6 Determinación de Taninos Condensados.	49
3.1.7 Determinación de Capacidad Antioxidante.	49
3.1.8. Recolección de Semillas de Dos Especies de Malezas	50
3.1.9 Pruebas de Germinación.	51
3.1.10 Bioensayos de Germinación	52
3.1.11 Bioensayos de Aspersión Foliar.	53
3.1.12 Diseño experimental y análisis estadístico.	57
3.2 Etapa 2 Trabajo de Campo	58
3.2.1 Localización de los Experimentos de Campo	58
3.2.2 Preparación de Suelo.	58
3.2.3 Siembra de Experimentos	58
3.2.4 Inventario de Malezas.	61

3.2.5 Variables Evaluadas en Malezas	64
3.3.1 Variables Evaluadas en el Cultivo del Maíz	65
3.3.2 Variables Evaluadas en Cultivo de Frijol	66
3.3.3 Variables Evaluadas en Cultivo de Sorgo	67
3.4 Diseño experimental	68
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	69
4.1 Resultados Etapa 1	69
4.1.1 Estimación de Material Vegetal para Extracción de Metabolitos Secundarios.....	69
4.1.2 Evaluación del Método de Extracción utilizado por medio de la técnica de Folin-Ciocalteu.	70
4.2 Determinación de Flavonoides Totales	76
4.3 Taninos Condensados	77
4.4 Capacidad Antioxidante	79
4.5 Pruebas de Germinación	80
4.5.1 Bioensayos de Germinación	82
4.6 Bioensayos de Aspersión Foliar	85
4.6.1 Contraste 1 y 2 en Especies Cultivadas.....	86
4.6.2. Contraste 1, 2, 3, 4 en Especies Malezas	90
4.7 Resultados Etapa 2.....	95

4.7.1 Especies Identificadas en el Cultivo de Maíz, Frijol y Sorgo.	96
4.7.2 Efectos de los Extractos Vegetales y Herbicidas Sintéticos sobre las Especies Evaluadas por Experimento.	101
4.9 Rendimiento de Cultivos	108
5. CONCLUSIONES	116
6. RECOMENDACIONES	118
7. BIBLIOGRAFÍA	119

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1 Interacciones que pueden ocurrir entre dos especies	11
2 Distribución completamente al azar de experimentos en bioensayos	55
3 Distribución bloques completos al azar de los diferentes experimentos...	60
4 Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación de Malezas (EWRS) para evaluar el control de maleza y la fitotoxicidad al cultivo por herbicidas.	63
5 Peso en kg de las malezas <i>Parthenium hysterophorus</i> L. y <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. colectadas en Marín, N.L.	69
6 Análisis de varianza en la evaluación de los métodos de extracción.	70
7 Interacción planta-método de extracción de polifenoles totales en malezas, <i>Parthenium hysterophorus</i> L y <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.	71
8 Interacción método-solvente de extracción de polifenoles totales en maleza, <i>P. hysterophorus</i> L y <i>A. artemisiifolia</i> L.	73

9	Obtención de gramos de extracto crudo y preparación de la muestra para las aplicaciones en los bioensayos y campo.	75
10	Preparación de los extractos en base a la concentración deseada y la solución madre utilizada.	76
11	Porcentaje de germinación de las cinco especies vegetales estudiadas .	81
12.	Germinación de <i>H. annuus</i> en condiciones de siembra en sustrato peatmoss.	82
13.	Semillas germinadas por tratamiento y porcentaje de germinación utilizando extractos de <i>P. hysterophorus</i> y <i>A. artemisiifolia</i>	83
14.	Contrastes ortogonales, para comparar el promedio entre tratamientos en base a la altura de cinco especies vegetales, a los 8 días DDA de extractos de <i>Parthenium hysterophorus</i> L y <i>Ambrosia artemisiifolia</i> L.....	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1 Vías de síntesis de metabolitos secundarios y su relación con el metabolismo primario.	25
2 Vías de liberación de moléculas alelopáticas.....	26
3 Recolección de <i>A. artemisiifolia</i> L. y <i>P.hysterophorus</i> L.....	43
4 Maleza molida de <i>P. hysterophorus</i> L. y <i>A. artemisiifolia</i> L.	43
5 Preparación de muestra y curva de calibración	46
6 Incubación de muestras en baño maria.	46
7 Homogenización de muestra	47
8 Lectura de absorbancia 750 nm	47
9 Rotavaporación de solvente	48
10 Selección y limpieza de semilla de Girasol (<i>H. annuus</i> L) y Chayotillo (<i>X. strumarium</i>).	51
11 Pruebas de germinación.....	52

12	Desinfección de semilla	52
13	Cámara de germinación construida.	53
14	Desinfección de charolas.....	54
15	Siembra en charolas.....	54
16	Trasplante de las 5 especies vegetales	55
17	Acomodo en diseño completamente al azar	56
18	Aplicación de tratamientos.....	56
19	Cantidad asperjada en punto de goteo	57
20	Delimitación del área experimental	59
21	Siembra de maíz, frijol y sorgo.	59
22	Emergencia en cultivo de maíz.	60
23	Muestreo de 0.25 m ² señalado con banderines	61
24	Control manual de malezas en maíz.....	62
25	Aplicación de extractos y herbicidas en maíz.	62
26	Levantamiento de malezas a los 7, 14 y 21 días.	64
27	Muestro para obtener rendimiento en maíz.	64
28	Contenido de flavonoides en extracto etanólico de <i>P. hysterothorus</i> y <i>A. artemisiifolia</i>	77

29	Contenido de taninos condensados en extracto de <i>P. hysterophorus</i> y <i>A. artemisiifolia</i>	78
30	Capacidad antioxidante en extracto de <i>P. hysterophorus</i> y <i>A. artemisiifolia</i> . 79	
31	Comparación de altura promedio en tratamiento testigo contra promedios de tratamientos en los tres experimentos.	87
32	Comparacion entre extractos en las tres especies comerciales	89
33	Comparación de promedio de testigo contra promedio de tratamientos en los tres experimentos.	90
34	Comparación de extractos sobre malezas en los 3 experimentos.	91
35	Comparación del Contraste 3 en <i>H. annuus</i> L.	92
36	Comparación del Contraste 3 en <i>X. strumarium</i> L.	92
37	Comparación de contraste 5 en <i>H. annuus</i> L.	93
38	Comparación de contraste 5 en <i>X. strumarium</i> L.	93
39	<i>Anoda cristata</i> L.	96
40	<i>Anoda cristata</i> biotipo	96
41	<i>Ipomoea trichocarpa</i> L.	
42	<i>Cucumis melo</i> L.	96
43	<i>Helianthus annuus</i> L.	
44	<i>Sorghum halepense</i> L.	97

45	<i>Solanum elaeagnifolium</i> Cav.	
46	<i>Euphorbia hirta</i> L.	97
47	Comparación de frecuencia de diferentes especies de malezas en experimentos de maíz, frijol y sorgo.	98
48	Comparación de dominancia de diferentes especies de malezas en experimentos de maíz, frijol y sorgo.	98
49	Individuos por m ² en diferentes especies de malezas en experimentos de maíz, frijol y sorgo.	99
50	Evaluación visual subjetiva en control de malezas de hoja ancha por cultivo.	102
51	Efecto sobre malezas presentes en el cultivo de maíz con aplicación de extractos concentrados al 6.5 %.....	102
52	Efecto sobre malezas presentes en el cultivo de maíz en cada tratamiento evaluado.....	103
53	Efecto sobre malezas presentes en el cultivo de sorgo con aplicación de extractos concentrados al 50%, a los 7 días después de la aplicación. ...	104
54	Efecto sobre malezas presentes en el cultivo de sorgo en cada tratamiento evaluado.....	105
55	Efecto de la aplicación de extractos concentrados al 100% sobre malezas presentes en el cultivo de frijol.....	106

56	Efecto sobre malezas presentes en el cultivo de frijol en cada tratamiento evaluado.....	107
57	Rendimiento de forraje verde en cultivo de maíz y sorgo.	108
58	Altura de planta en el cultivo de maíz y sorgo.....	110
59	Rendimiento de grano en cultivo de maíz blanco hualahuises.....	111
60	Rendimiento de grano en cultivo de frijol pinto saltillo por hectárea.....	112
61	Longitud de guía en el cultivo de frijol pinto saltillo al finalizar el ciclo del cultivo.	113
62	Granos por tratamiento en cultivo de frijol pinto saltillo.	114

RESUMEN

La demanda en la producción y consumo de granos básicos como el maíz, frijol y sorgo va en aumento, debido al requerimiento en la alimentación humana y animal. En México estos cultivos, sobretudo el maíz y frijol, se producen principalmente en agrosistemas de subsistencia, y la producción para cubrir la demanda es insuficiente, ya que existen diversos factores que afectan su rendimiento. Un factor que disminuye significativamente la producción en todos los cultivos es la presencia de malezas. El objetivo de esta investigación fue evaluar la actividad fitotóxica de los extractos de dos malezas consideradas alelopáticas (*Parthenium hysterophorus* y *Ambrosia artemisiifolia*), sobre tres especies cultivadas: maíz, frijol, sorgo y dos especies de maleza presentes en ellos, en comparación con la efectividad de dos herbicidas sintéticos. El propósito es contribuir al manejo integrado de malezas y la búsqueda de nuevos agentes que puedan funcionar como herbicidas biológicos. Esta investigación se realizó en dos etapas: Etapa 1: Se realizó la extracción de metabolitos secundarios de dos malezas invasoras *P. hysterophorus* L. (hierba del pájaro) y *A. artemisiifolia* L. (artemisa), utilizando dos métodos de extracción: extracción convencional sólido-líquido y extracción asistida por ultrasonido, empleando como solventes etanol al 70% y agua bidestilada. El método y solvente con mayor extracción de polifenoles totales en las dos especies vegetales fue; el

método convencional sólido-líquido con solvente etanólico, que se aplicó en concentraciones de -1.5,- 3.5- y -6.5% en bioensayos de germinación y aspersión foliar en cinco especies vegetales; *Zea mays* L., *Phaseolus vulgaris* L., *Sorghum bicolor* L. Moench, *Xanthium strumarium* L. y *Helianthus annuus* L. Se presentó una inhibición total en los bioensayos de germinación de las cinco especies y una afectación del crecimiento en la maleza *Helianthus annuus* L. con la aplicación de extracto de *A. artemisiifolia* L. al 6.5% de concentración. Etapa 2, se realizó el establecimiento de experimentos de maíz, frijol y sorgo grano en campo, utilizando el diseño de bloques completos al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones; los tratamientos fueron: T1: Testigo T2: Control manual T3: Extracto de *P. hysterophorus* L T4: Extracto de *A. artemisiifolia* L. T5: Aplicación de 2-4D amina (maíz y sorgo) y Fomesafén (frijol) y T6: Dicamba (maíz y sorgo) y Basagran (frijol). Se identificaron las malezas presentes en cada unidad experimental.

Las malezas con más frecuencia y dominancia en maíz y sorgo fueron *I. trichocarpa* y *A. cristata*., en frijol las malezas presentes fueron *A. cristata* y *H. annuus*. El control de malezas de hoja ancha después de 21 días fue del 95% con aplicación de herbicidas sintéticos. En los extractos naturales T3 y T4, se observaron quemaduras y marchitamiento durante los primeros siete días después de su aplicación, posteriormente la maleza emitió nuevos brotes y continuó creciendo. En el cultivo de maíz se observó una reducción en rendimiento de grano del 68%, y en frijol el decremento en rendimiento de grano fue del 59% en los tratamientos con presencia de maleza durante todo el ciclo del cultivo comparado con el control

manual T2. El cultivo del sorgo no presentó diferencia significativa en el rendimiento de forraje verde.

Palabras claves:

Alelopatía, maleza, herbicida, extracto, *P. hysterophorus* L y *A. artemisiifolia* L.

ABSTRACT

Production and consumption of basic grains as the corn, bean and sorghum is increasing, because of the requirement in the alimentation human and animal. These crops are produced in Mexico mainly with subsistence farming, the supply for consumption per capita it is insufficient; there are several factors that affect yield. A main factor of decreases production of crop is presence of weeds. The objective of this research was evaluated the phytotoxic activity of extracts from two weeds considered allelopathic (*Parthenium hysterophorus* and *Ambrosia artemisiifolia*) on three cultivated species: maize, beans and Sorghum and two species of weeds present in them, compared with the effectiveness of two synthetic herbicides. The purpose is contributed to the integrated management of weeds and the search for new agents that can function as biological herbicides. This research was performed in two stages. Stage 1: Extraction of secondary metabolites of two weeds invasive *P. hysterophorus* L. y *A. artemisiifolia* L. using two methods of extraction; by incubation in hybridization oven and ultrasound assisted extraction with ethanol and distilled water as solvents. The method and solvent with more extraction of total polyphenols in the two plants was: Method of incubation with ethanolic solvent; which was applied to concentrations 1.5, 3.5 and 6.5% in bioassays of germination and foliar aspersión in five plant species; *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris*, *Sorghum bicolor*, *Xanthium strumarium* y *Helianthus annuus*. The results were total inhibition in bioassays of

germination in the five-plant species, and affectation of weed growth *H. annuus*, with application of extract of *A. artemisiifolia* L., 6.5% concentration. Stage 2: I perform establishment of experiments in countryside of corn, bean and sorghum, using the experimental design randomized blocks, with 6 treatments and 4 repetitions; Weeds were identified, doing 4 samplings of 0.25 m² by experimental unit, they applied five methods of weed control where T1: uncontrolled, T2: manual control, T3: extract of *P. hysterophorus* L., T4: extract of *A. artemisiifolia* L. (6.5% of concentration) T5: 2-4D amina and Fluziafop-p-butil (5ml L⁻¹) and T6: Dicamba and Bentazon (2.5 ml L⁻¹). The weed with more frequency and dominance in crops corn and sorghum were *I. trichocarpa* y *A. cristata*. In bean the weeds present were *A. cristata*, and *H. annuus*. The control of weeds wide leaves after 21 days was 95% with application of synthetic herbicide. The natural extracts T3 and T4, were observed burns and withering in the leaf weed, seven days after of the application, later the weed issued new outbreaks and continued to grow. In corn crop was observed a reduction in grain yield 63% and in bean the decrement in grain yield was 54% in the treatments with presence of weeds throughout the crop cycle, compared to the T2. Crop sorghum was not significantly in forage green yield.

Keywords:

Allelopathy, weed, herbicide, extract, *Parthenium hysterophorus* L, and *Ambrosia artemisiifolia*. L.

1. INTRODUCCIÓN

Los granos básicos constituyen parte importante de la alimentación humana y animal, entre los que se encuentran maíz, frijol y sorgo. La importancia de estos cultivos en la agricultura mexicana y la creciente demanda de alimentos, exige mayor eficiencia en la producción de granos básicos. En México el frijol y el maíz son considerados como los principales cultivos básicos formando parte esencial de la alimentación; el sorgo en algunos países es utilizado para alimentación humana; sin embargo, en nuestro país se utiliza como fuente de alimentación para diferentes especies de ganado.

Un factor que afecta el rendimiento de estos cultivos es la presencia de malezas, también llamadas plantas arvenses. Estas plantas crecen en campos agrícolas, compitiendo con los cultivos por luz, agua, nutrientes y espacio; el efecto mayor ocasionado por estas especies se da durante el "período crítico de competencia" y al no controlarse de forma eficiente reducen el rendimiento y calidad del grano de la cosecha.

Existen diversos métodos de control de plantas arvenses; en la actualidad el uso de herbicidas sintéticos ha demostrado ser una técnica que ofrece grandes

ventajas comparado con el control de forma manual, sin embargo, el uso irracional de estos productos, aunado a su lenta degradación, ha ocasionado efectos en la salud humana, resistencia de malezas y contaminación ambiental. Por tal motivo es indispensable buscar alternativas para su control. (Khan, 2015).

La utilización de extractos de plantas con características alelopáticas puede ser una opción debido a que los compuestos bioactivos son biodegradables y su utilización puede contrarrestar el impacto ambiental negativo o adverso ocasionado por los productos químicos.

Este tipo de plantas utilizan estrategias diversas como medio de defensa que van perfeccionando a través del tiempo, el cual les confiere capacidad de adaptación; liberan metabolitos secundarios actuando sobre sus enemigos e interaccionan con la microfauna afectándola o beneficiándola. Por tal motivo los estudios realizados por Oliveros *et al*; (2009), ante diferentes investigaciones sobre alelopatía refirieron que los mecanismos de interacción entre plantas alelopáticas y su entorno es muy complejo, mencionaron que la residualidad de estas sustancias comparada con productos químicos es menor y su efecto es más lento en el control de malezas debido a su naturaleza, por lo tanto, es necesario realizar más investigación sobre sus efectos.

El objetivo de la presente investigación fue comparar la actividad fitotóxica de extractos de dos malezas consideradas alelopáticas, *Parthenium hysterophorus* L. y *Ambrosia artemisiifolia* L, sobre tres especies cultivadas: maíz, frijol y sorgo y dos especies de maleza presentes en ellos y la efectividad de dos herbicidas sintéticos. Esto con el fin de proponer un manejo integrado de malezas y contribuir en la búsqueda de nuevas sustancias que puedan funcionar como herbicidas biológicos.

1.1 Hipótesis General

La utilización de extractos vegetales, eliminará a las malezas presentes, sin ocasionar daño a los cultivos de maíz, frijol y sorgo, aumentando la productividad de estos cultivos.

1.1.1 Hipótesis Específicas

Los contenidos de polifenoles totales de dos malezas con potencial alelopático varía dependiendo del tipo de extracto utilizado (acuosos y etanólicos).

Las concentraciones de los extractos vegetales aplicados en bioensayos en la etapa de germinación y la aspersión foliar durante la etapa de crecimiento presentaran inhibición sobre las especies de malezas presentes.

Los extractos vegetales comparados con herbicidas sintéticos, superarán el control de las malezas en cada especie cultivada.

1.2 Objetivo General

Comparar la actividad fitotóxica de extractos de dos malezas consideradas alelopáticas en el control de malezas y su influencia en el rendimiento de maíz, frijol y sorgo.

1.2.1 Objetivos Específicos

Evaluar dos malezas alelopáticas como fuente de metabolitos secundarios para el control de malezas.

Comparar el contenido de polifenoles totales en cada uno de los extractos vegetales con solventes etanólico y acuoso utilizando dos métodos de extracción.

Comparar las concentraciones de los extractos en dos momentos de desarrollo del cultivo (germinación y aspersión foliar)

Identificar las malezas presentes en cada especie cultivada.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen de las Malezas

El hombre al iniciar con la domesticación de especies vegetales para su alimentación, ocasionó disturbios por el establecimiento de cultivos, eliminando así la flora nativa y contribuyendo a la aparición de malezas. La presión ejercida desde hace más de 10,000 años, ayudó a la maleza a mejorar sus características y dificultar su control, usando los recursos disponibles para prosperar y reproducirse dejando así descendientes para los ciclos posteriores (Dekker, 2005).

Las malezas se originan de tres fuentes:

- Especies silvestres colonizadoras que se adaptan a cualquier ambiente
- Hibridación de especies silvestres y domesticadas
- Especies cultivadas y seleccionadas en un ambiente con menor intervención del hombre.

Estas especies vegetales desarrolladas en áreas cultivadas y no cultivadas son calificadas como malezas, plantas arvenses o plantas indeseables (Benítez, 2014).

Una de las definiciones más acertadas de maleza es: planta que, a juicio de alguien, crece en un lugar equivocado; este concepto se da, debido a que existen malezas medicinales utilizadas en la actividad industrial, plantas ornamentales y comestibles e inversamente podemos encontrar especies cultivadas que pueden convertirse en malas hierbas (Negbi, 1992). Si bien es cierto, que algunas especies de malezas interfieren en las actividades agrícolas, también son importantes en los agroecosistemas constituyendo parte de la red trófica; además, ayudan a evitar la erosión del suelo, incrementan la materia orgánica y la recirculación de nutrientes, mantienen la humedad, hospedan organismos benéficos y vida silvestre (Altieri, 1999), por tal motivo el concepto de maleza es relativo.

Estas plantas son colonizadoras de áreas disturbadas o desnudas, con una buena capacidad de distribución, se pueden encontrar en caminos, canales de riego, parques recreativos, campos agrícolas etc., al presentarse en áreas de cultivo compiten con las plantas cultivadas por nutrimentos; agua, luz y espacio; además, son hospederas de plagas y enfermedades que las dañan, por tal motivo reducen eficiencia de insumos, incrementan costos de operación, reducen el rendimiento y la calidad del producto cosechado (Carrillo y Alfonso, 2003).

En la actualidad a nivel mundial existen 319,555 especies de plantas de las cuales aproximadamente 8 mil son consideradas especies silvestres, de estas, 250 ocasionan diversos grados de daños en campos agrícolas y áreas recreativas (Biodiversidad Mexicana, 2015).

Según Baker (1974), un 75% de alimento de procedencia vegetal consumido a nivel mundial, proviene de 12 cultivos de cinco familias de las mismas a las que pertenecen las peores malezas del mundo, lo cual indica que cultivos y malezas presentan caracteres taxonómicos similares y comparten un origen común, e iguales requerimientos climáticos y edáficos.

Rapoport y Gowda (2003), compararon 225 especímenes de los géneros *Amaranthus*, *Chenopodium*, *Ipomoea*, *Oxalis* y *Polygonum*, encontrando 96 plantas comestibles que eran consumidas por nuestros antepasados. Además mencionan que al aumentar el grado de agresividad de la maleza era más apetecible, por tal motivo ocupaban áreas geográficas más extensas, ya que eran trasladadas por los nómadas a diversas regiones del mundo para su consumo.

Los grados de agresividad de una especie maleza son clasificados por Matthei *et al.* (1995), quienes trabajaron con 570 especies de malezas en Chile: Maleza grado 1 y 2 se considera (ocasional, no perjudicial). Maleza grado 3 (común, poco perjudicial) y Maleza grado 4 y 5 (abundante, perjudicial).

2.2 Clasificación de las Malezas.

Las malezas presentan adaptabilidad a condiciones adversas, atribuidas a su variabilidad genética y factores externos que limitan la producción de biomasa, los cuales ejercen presión de selección de genotipos más aptos. Para conocer e identificar las malezas es necesario conocer su biología, que abarca su ciclo de vida y aspectos dentro de este (Booth *et al.*, 2003).

2.2.1 Clasificación Botánica.

Este tipo de clasificación nos permite identificar una planta de acuerdo a su morfología y agruparlas en familias, géneros y especies. La planta se nombra por dos palabras en latín, la primera nos indicará el género y la segunda corresponderá a la especie. Este tipo de clasificación es utilizada a nivel mundial y permite evitar confusiones en la utilización de nombres comunes en diferentes regiones (Benítez *et al.*, 2006).

2.2.2 Clasificación Morfológica.

Esta clasificación se realiza por la forma de su hoja y se dividen en:

Monocotiledóneas de la familia gramineae. Presentan una hoja seminal, angosta y alternada con tallos cilíndricos, su sistema radical es fibroso. En este grupo se localizan los zacates y gramas.

Monocotiledóneas de la familia cyperaceae. Presentan características similares a los zacates, con la diferencia de que sus tallos son triangulares sin nudos y sus hojas nacen en forma de roseta desde la base del tallo.

Dicotiledóneas. Presentan hojas anchas con nervaduras y dos hojas seminales o cotiledonares, con raíz de crecimiento vertical, trepadoras, rastreras herbáceas o semileñosas (González, 1999).

2.2.3 Clasificación por Ciclo de Vida.

Plantas anuales. Son aquellas que completan su ciclo de vida en el transcurso de un año. Generalmente su reproducción es por semilla. Ejemplo: *Helianthus annuus*, *Ipomoea trichocarpa*, *Amaranthus spinosus* y *A. hybridus*.

Plantas bianuales. Su ciclo de vida consiste en dos años, presentando dos fases: establecimiento y crecimiento vegetativo en el primer año. En el segundo año llevan a cabo la floración, maduración, producción de semillas y muerte. Se reproduce por semilla. Ejemplo: *Daucus carota* y *Sida aggregata*.

Plantas perennes. Su ciclo de vida abarca más de dos años y en condiciones favorables viven por tiempo indefinido. Su reproducción se da por semilla, rizomas y estolones lo cual las hace muy persistentes (De Real, 2013).

2.2.4. Clasificaciones Complementarias.

Las clasificaciones anteriormente mencionadas son las principales para la identificación de especies vegetales domesticadas y no domesticadas, dentro de estas existen otras clasificaciones que nos ayudan a una identificación correcta de malezas (Velázquez - Vázquez, 2015).

Por su forma de reproducción: Sexual y asexual.

Por la consistencia del tallo: herbáceas, semileñosas y leñosas.

Por su hábitat: Terrestres y acuáticas

Por sus requerimientos: Hídricos, lumínicos y térmicos.

Por el grado de nocividad ocasionado en áreas agrícolas y recreativas: Leve, medio y alto.

Por la composición química del sustrato: Halófitas, calcícolas y acidófitas.

2.3 Ecología de la Maleza

La ecología estudia la interacción de los seres vivos en un hábitat determinado y la influencia de este en su distribución, abundancia, biodiversidad, interacciones y modificaciones que pueden ocasionar en el medio. Se pueden estudiar en forma individual o como poblaciones, comunidades, ecosistemas. La evaluación de malezas se realiza principalmente en los agroecosistemas, tomando en cuenta las características históricas individuales en la biología de la especie durante su ciclo de vida, las perturbaciones ocasionadas en forma natural o por actividades agrícolas ayudan a promover e inhibir el cambio en la población de malezas, la cual está determinada por un grupo de individuos en un campo de cultivo o un área geográfica (Mortimer, 1997).

Los parámetros frecuentemente evaluados en especies arvenses son: abundancia e importancia, nos ayuda a visualizar en forma cualitativa los individuos presentes en un área determinada. La densidad nos indica la cantidad de individuos en un área determinada.

La distribución se da en forma espacial, **al azar** (en cualquier lugar se puede encontrar un individuo de una población), **agregada** (cuando el individuo se encuentra en área de cultivo y en cercanías) y/o **uniforme** (siguen un patrón regular, como es el caso de plantas alelopáticas) (Zita, 2011).

Las malezas presentan dos interacciones que son de consideración en un agroecosistema; competencia y alelopatía. El fenómeno de competencia con las especies cultivadas se torna complejo debido a que se compite por los recursos disponibles; en cuestión a la actividad alelopática de ciertas especies malezas o plantas cultivadas, la producción de aleloquímicos, inhiben el crecimiento o germinación de la otras especies, observando afectaciones en el rendimiento y calidad del fruto. Por otra parte si se presenta una maleza que conjunte las dos características se considera una interferencia con el cultivo, afectándolo en mayor grado provocando pérdidas totales (Juan *et al.*, 2003).

En el Cuadro 1., se describen diferentes tipos de interacción que ocurren entre organismos de la misma o diferente especie y cuáles son las causas posibles del efecto de esta interacción.

Cuadro 1. Interacciones que pueden ocurrir entre dos especies

TIPO DE INTERACCION	INDIVIDUOS		CAUSAS
	A	B	
NEUTRALISMO	O	O	Ninguna de las especies es afectada
AMENSALISMO	O	-	Ambas especies son inhibidas, o una es afectada y la otra no
ALELOPATÍA	O	-	La especie A libera aleloquímicos que inhiben la especie B
HERBIVORÍA	+	-	La especie animal A consume parte de la especie de planta B
MUTUALISMO	+	+	Ambas especies son beneficiadas
COMENSALISMO	+	O	La especie A se beneficia mientras que la B no se afecta
PARASITISMO	+	-	La especie A parasita a la especie B la utiliza como hospedero y se beneficia de ella.

Fuente: Booth *et al* 2003. Weed Ecology

2.4 Características Adaptativas de Malezas en Agroecosistemas.

Las poblaciones de malezas sobreviven en ambientes disturbados, debido a la perdurabilidad y continuación de la línea genética a través del tiempo, las malezas exitosas por lo general son las más problemáticas. Su éxito es debido a que presentan diversas características tales como (Salazar e Hincapié, 2013):

- ✓ Alta capacidad de colonización
- ✓ Alta adaptación a condiciones ambientales adversas
- ✓ Más de un tipo de reproducción (sexual y asexual)
- ✓ Plasticidad ecológica
- ✓ Latencia o dormancia de semillas
- ✓ Facilidad de dispersión
- ✓ Crecimiento inicial rápido
- ✓ Germinación discontinua y longevidad de semillas
- ✓ Alta producción de semillas, alta tasa de germinación de semillas
- ✓ Alta eficiencia en los recursos
- ✓ Más de una generación por año
- ✓ Alelopatía
- ✓ Sistema radical fasciculado, superficial y denso (sólo en las monocotiledóneas), altamente competitivo con el sistema radical del cultivo
- ✓ Órganos de propagación vegetativa vigorosos
- ✓ Difícil control manual, mecánico o químico
- ✓ Habilidad competitiva
- ✓ Repelen animales

- ✓ Hospedantes de plagas y enfermedades
- ✓ Variabilidad genética y fenotípica

Leguizamón (2000) mencionó que para conocer las estrategias adaptativas de las especies es necesario comprender las relaciones entre los organismos. Por medio del balance de asignación de recursos presentes y futuros para los procesos fisiológicos durante su ciclo de vida y poder identificar la supervivencia, reproducción y adecuación de una maleza en un ambiente particular.

Existen dos tipos de selección: Selección r-K y Selección C, S y R. La primera hace referencia a organismos tipo r, adaptados para la colonización y reproducción en ambientes imprescindibles, estos inician la primera sucesión de estadíos. Los organismos tipo K, se adaptan para la persistencia y reproducción en ambientes estables y ocupan la sucesión de estadíos tardía.

En la selección C, S y R, Martínez-Rodríguez (2005) refiere dos factores externos, el estrés y el disturbio, limitantes en la cantidad de biomasa de la planta invasora, que pueden combinarse de acuerdo al hábitat donde se presente dando origen a tres tipos de malezas. Maleza competitiva (maximizan la captura de recursos en condiciones no perturbadas y productivas, se presenta en estadio temprano), tolerante a estrés (se adapta a condiciones de productividad limitada generalmente son plantas longevas presentes en estadios tardíos) y ruderal (son de vida corta con alta producción de semillas ocupan estadios tempranos).

2.5 Importancia en Cultivos Básicos y Daños Ocasionados por Malezas

Los efectos ocasionados por las malezas en los cultivos se clasifican en dos categorías: directos e indirectos. Los efectos directos disminuyen el rendimiento y provocan depreciación del producto. Mientras que efectos indirectos se relacionan a siembra limitada de cultivos a determinadas especies, daños por ser hospederas de plagas y las labores adicionales para su control (Rosales y Medina, 2011).

A nivel mundial, los daños ocasionados por malas hierbas es mayor al 30% en el rendimiento. En Estados Unidos se estiman gastos anuales de 2,500 millones de dólares para su control y perdidas que superan los 7,500 millones de dólares (Silva, 2012).

En México, los cultivos más afectados por la presencia de malezas son el maíz y frijol, donde se estiman perdidas de rendimiento en un 42% al no controlarse a tiempo (SENASICA, 2014).

El maíz es uno de los granos básicos más importantes a nivel mundial, es el alimento principal en Latinoamérica. El consumo per cápita de este cereal en México es de 253 kg; una familia campesina de seis miembros aproximadamente consume 1518 kg de maíz por año. Las malezas constituyen una amenaza para este cultivo, reportando pérdidas anuales de hasta un 30% y elevando el costo del valor de la producción a un 15 % o más (Damián-Huato *et al.*, 2013).

2.5.1 Período Crítico de Competencia en Cultivo de Maíz

Para implementar un método de control es necesario conocer las especies de arvenses y su interacción con el cultivo, por tal motivo es necesario determinar el período crítico de competencia, definido como lapso de tiempo en días y/o etapas fenológicas en donde la presencia de malezas ocasionara disminución significativa en el rendimiento del cultivo (Villegas *et al.*, 2004).

Blanco *et al.* (2014) mencionó que el periodo crítico de competencia en el maíz transcurre principalmente entre los 24 a 40 días después de la emergencia del cultivo, con un periodo crítico aproximado a los 32 días, en el cual es necesario controlar las malezas para mejorar las condiciones en el proceso de obtener un buen rendimiento.

En el estado de Michoacán el rendimiento del maíz de temporal presenta reducciones de hasta el 70%, debido a la presencia de malezas clasificadas en 133 especies (74.43% dicotiledóneas y 25.56% monocotiledóneas), a esta afectación se añade que estas especies presentan tolerancia a salinidad y a pH alcalino (Sánchez-Blanco y Guevara-Féfer, 2013).

Begna *et al.*, (2001) refirieron que la presión de las malezas puede reducir el rendimiento del maíz de grano en un 35 a 75%, con la finalidad de evitar daños, una opción ha sido la introducción de híbridos de maíz con capacidad de disminuir el crecimiento de las malezas, reduciendo la pérdida de rendimiento promedio a un 11%, atribuido principalmente a una mayor área foliar. Otras prácticas culturales

como distancia entre plantas, densidades de población y fitomejoramiento pueden ayudar a competir con las malezas y a reducir las aplicaciones químicas.

2.5.2 Período Crítico de Competencia en Cultivo de Frijol

En muchos países el frijol es un componente importante de la dieta humana por su alto contenido de proteínas, es un cultivo anual muy susceptible a la competencia de las arvenses, representando uno de los costos principales de la producción en frijol; por lo cual es necesario utilizar estrategias de manejo integrado que conjunte métodos diversos (Blanco y Leyva, 2011).

El periodo crítico de competencia varía dependiendo de la región en donde se establece el cultivo, pero en promedio general va de los 30 a 49 días después de la siembra; esta variación depende también de la densidad de las malezas, siendo las anuales el problema más grave para este cultivo, causando pérdidas considerables en el rendimiento, reduciendo generalmente el número de vainas y afectando la calidad de grano (Stagnari y Pisante, 2010).

2.5.3 Período Crítico de Competencia en Cultivo de Sorgo

El sorgo es uno de los principales cultivos en Mexico, en el norte de Tamaulipas uno de los factores limitantes de su producción es la presencia de malezas que reducen aproximadamente un 20% de su rendimiento. Las estrategias de control utilizadas en esta zona se basan en el periodo crítico de competencia, el cual abarca dos componentes, el periodo máximo de tolerancia de maleza y el periodo mínimo de ausencia de la maleza, por lo general este período es entre las primeras 2 o 3

semanas. Pero varía dependiendo de la maleza que se encuentre presente; por ejemplo si en el campo agrícola se presenta correhuela perenne, el periodo crítico de competencia se extiende hasta las primeras 6 semanas después de su emergencia (Rosales *et al.*, 2006).

2.6 Manejo Integrado de Malezas

El control de malezas es desafiante, por tal motivo es necesaria la integración de métodos como prácticas culturales, ecológicas, químicas y biológicas. Para mantener poblaciones de malas hierbas en un umbral, optimizando las medidas de control de manera organizada (Ahsan, 2014).

La diversidad de la flora arvense en Mesoamérica en su mayoría se concentra en son malezas nativas que se han ido adaptando y sincronizando al sistema agrícola. Los estudios para su control se han realizado en sistemas agrícolas industrializados donde se utilizan gran cantidad de agroquímicos controlando la población de malezas pero muy pocos estudios se han realizado en sistemas tradicionales que es donde se observa más la afectación en el rendimiento y calidad de grano. (Molina-Freaner *et al.*, 2008).

Para diseñar estrategias de manejo adecuado de las malezas es necesario conocer su comportamiento. Los componentes principales son: Identificación y nivel de infestación, así podemos diferenciar malezas perennes o parasitas difíciles de controlar de malezas anuales; también es necesario conocer la biología y ecología, las fases o etapas que cada especie presente como son: latencia, germinación, desarrollo de plántulas, emergencia, crecimiento vegetativo, floración, formación de

semillas, madurez y dispersión. Y efectos competitivos como interferencia o alelopatía, esto nos puede ayudar a buscar estrategias efectivas combinando métodos de control, con el fin de reducir el impacto de las malezas a nivel económico y ambiental (FAO, 1994).

2.7 Métodos de Control de Malezas

2.7.1 Control Cultural, Manual y Mecánico

En la fase inicial de los cultivos la maleza afecta en forma directa. Las medidas que se deben de implementar se basan en métodos diferentes.

El control preventivo o cultural puede reducir la presencia de las malezas, al realizar rotación de cultivos en épocas pertinentes o establecer otros cultivos que puedan ser competitivos con las malezas utilizando adecuadas densidades de siembra.

El control manual consiste en eliminar la maleza con el empleo de la fuerza humana con herramientas como el azadón, machetes, o talaches, generalmente esta técnica es implementada en pequeñas áreas de cultivo principalmente en agricultura de subsistencia.

El control mecánico es un poco más eficiente que el manual, es necesario estar capacitado para el empleo de maquinaria como tractor con arado, azadón mecánico, rotatorio o cultivadoras de rejillas, esta actividad por lo general se implementa en áreas de agricultura tradicional o comercial (Gómez, 2011).

2.7.2 Control Químico

El control químico de malezas es una herramienta eficaz, requiere de conocimiento técnico para seleccionar y aplicar un herbicida en forma eficiente. Una de sus principales ventajas es que puede controlar hasta un 90% las malezas antes de que estas emerjan o en sus primeras etapas de desarrollo con una sola aplicación. Pero si se aplica en forma inadecuada, ocasiona riesgos al cultivo presentando efectos de fitotoxicidad en la planta. Además su uso continuo provoca daños en la salud de quien lo aplica y contaminación ambiental. El uso de herbicidas se efectúa principalmente por agricultores tecnificados debido a que el control oportuno de malezas representa una ventaja económica (Tamayo, 2011).

2.7.2.1. Clasificación de herbicidas

La mayoría de los herbicidas tienen la finalidad de erradicar poblaciones de especies invasoras, alterando su fisiología. Se basan principalmente en el desarrollo del cultivo o de la maleza e impiden su desarrollo normal causando su muerte, generalmente son clasificados, de acuerdo a su época de aplicación, selectividad y mecanismos de acción.

2.7.2.1.1 Época de aplicación.

Herbicidas *pre siembra* foliares, se aplican antes de sembrar el cultivo para eliminar la vegetación existente. *Herbicidas de presembrado al suelo*, se aplica antes de la siembra, pero requiere de incorporación en forma mecánica a 5 o 10 cm de profundidad para evitar su degradación, tienen poca solubilidad no se lixivian,

generalmente la incorporación se realiza con un paso de rastra de discos o cultivadora (Rosales y Medina, 2011).

*Herbicidas **pre-emergentes***, aplicados después de la siembra antes de que la maleza emerja, es necesario para que el herbicida se situé a una profundidad de 5 cm del suelo, además se debe aplicar un riego en un lapso de tiempo no mayor a 10 días. Estos herbicidas evitan la competencia temprana con el cultivo, la dosis se ajusta dependiendo del tipo de suelo ya que tienden a interaccionar con la textura, pH y materia orgánica, lo que puede limitar su disponibilidad (García y Mejía, 2005; Smith *et al.*, 2001).

*Herbicidas **post-emergentes*** la aplicación se realiza sobre la maleza cuando el cultivo ya se encuentra establecido, generalmente en los primeros estados de desarrollo, en esta etapa son más susceptibles; la actividad de estos productos varía de acuerdo a las malezas presentes, velocidad del viento, temperatura, humedad y precipitación (Locke *et al.*, 2002).

2.7.2.1.2. Selectividad.

Rivas *et al.* (2009) mencionaron el concepto de selectividad de un herbicida, como el producto que, a una dosis determinada, eliminan solo algunas especies de plantas sin ocasionar daños a otras. En cambio, los herbicidas no selectivos ocasionan fitotoxicidad a cualquier especie vegetal; se utilizan generalmente antes del establecimiento del cultivo o bien con protección a la especie cultivada.

2.7.2.1.3 Modo de acción.

De acuerdo a su mecanismo de acción, los herbicidas se clasifican de contacto o sistémicos, donde el primer concepto se refiere a herbicidas con poca movilidad que actúan directamente sobre los tejidos con los que tienen contacto, su efecto es incrementado con la intensidad de la radiación solar, temperatura y humedad, presentan un efecto visual rápido pocas horas después de su aplicación. Los herbicidas sistémicos entran en contacto con la planta a través de los estomas o por absorción radical y se traslocan por medio del xilema y el floema, ocasionando fitotoxicidad en la planta, se utilizan generalmente en especies perenes (Rosales *et al.*, 2006).

2.7.2.2 Resistencia de malezas a herbicidas

La resistencia se define como una capacidad natural y heredada de sobrevivir de una especie o población, después de dosificarlas con un producto químico el cual anteriormente la controlaba con facilidad (Ortíz *et al.*, 2014).

A finales de 1940 se introdujeron al mercado productos sintéticos que actuaban de manera eficiente controlando un 90 a 99% las especies arvenses. Las constantes aplicaciones de estos productos generaron resistencia en diversas especies apareciendo 28 años más tarde en Estados Unidos la primera alerta sobre resistencia al herbicida atrazina en *Senecio vulgaris* L (Holt, 1992).

Esta resistencia se debe a una evolución adaptativa originada por la presión de selección de los herbicidas y a la base genética, involucrándose procesos epigenéticos implicados en la regulación de las respuestas al estrés (transmisión de

patrones de expresión a la progenie de plantas que han sobrevivido). Las poblaciones de malezas están en constante evolución de tal forma que a largo plazo predominaran en los campos agrícolas (Delye *et al.*, 2013)

La resistencia de malezas a herbicidas ha ido en aumento y amenaza la seguridad alimentaria mundial, debido a que las especies de malezas han ido evolucionando al ser expuestas a la dosis normal de un herbicida sin sufrir alteraciones fisiológicas. Este fenómeno fue provocado por aplicaciones intensivas de herbicidas con el mismo ingrediente activo sin lograr un control y por falta de rotación de cultivos (Navia y Sala, 2009).

En el mundo ya existen 400 biotipos de malezas resistentes de las cuales se estima que 129 son dicotiledóneas, 88 monocotiledóneas y las restantes pertenecen a plantas acuáticas, las cuales han generado resistencia a algún tipo de herbicida. Solo 168 biotipos presentes a nivel mundial han presentado resistencia al herbicida glifosato. Entre los biotipos que han generado resistencia a este herbicida se encuentra *Parthenium hysterophorus* L. la cual fue introducida como forraje a Colombia en el 1956 invadiendo en menos de 20 años los campos agrícolas (Rosario *et al.*, 2013).

2.7.3 Control Biológico.

Este tipo de control se basa en disminuir una especie vegetal por medio de enemigos naturales como parásitos, depredadores o patógenos; para evaluar la eficiencia de estos agentes biológicos es necesario recopilar información sobre impactos ocasionados por malezas, detallando poblaciones y comunidades vegetales

asociadas, realizando comparaciones posteriores a la implementación del programa de control (Morín *et al.*, 2009).

Los proyectos de control biológico clásico, contribuyen con éxito a la protección de flora y fauna de los ecosistemas, siendo un componente importante en recuperación de plantas en todo el mundo, incluyendo entre otros beneficios preservación de áreas silvestres como fuentes de recurso renovables, además es una buena herramienta para suprimir plantas invasoras en forma permanente sin comprometer los recursos a largo plazo (Van Driesche *et al.*, 2007).

Palmer *et al.* (2010) refirieron que los progresos de control biológico clásico han tenido mucho éxito sobre malas hierbas exóticas, principalmente en Australia que a partir de 1997 implementó 35 programas de control biológico en 37 especies de malezas; el principal problema es de origen legal debido a la ampliación de tiempo para importar agentes biológicos propuestos para liberación, los cuales deben evaluarse con precaución en forma completa, evitando con ello sobrepoblación que a largo plazo puedan ocasionar daños al ambiente. Por lo tanto el control biológico se basa aumentando la acumulación de poblaciones existentes más la liberación de enemigos naturales recogidos o criados en otros lugares (Goeden y Andrés, 1999).

Martínez (2003) refirió que otro tipo de control biológico, es el que se ha utilizado sobre la maleza exótica llamada salvinia (*Salvinia molesta*), utilizando artrópodos, donde se identifican tres especies de insectos como potenciales de biocontrol, introducidos en varios países donde se ha logrado reducir la tasa de crecimiento de esta maleza. En México se pretende introducir, cuarentenar y criar en

forma masiva el *Cyrtobagous salviniae* como parte de control integrado de esta maleza.

Rodríguez-Narro *et al.* (2011) mencionaron que *Convolvulus arvensis* L. es una maleza difícil de controlar en el valle del Yaqui en México, las infestaciones de esta planta reducen rendimientos hasta de un 50 %, sus raíces subterráneas son muy extensas lo que le permiten hibernar sin follaje y su descendencia prevalece más de 30 años. Se ha identificado que el acaro *Aceria malherbae* Nuzzacci (*Acari: Eriophyidae*) es un buen candidato para su control, pero la disponibilidad de este agente biológico es limitada, su utilización es baja e inadecuada desacreditando este método, por lo cual es importante realizar estándares de control de calidad y cálculos para que la especie que se cría pueda ser sostenida en campo.

2.8 Alelopatía

La actividad alelopática es el proceso que involucra metabolitos secundarios que ejerce un efecto inhibitor de una especie vegetal “productora” sobre una especie vegetal “receptora”, mediante la liberación de aleloquímicos que la afectan directa o indirectamente (Ríos y Rosabal, 2008).

Estos metabolitos secundarios originados del organismo productor no ejercen relación directa en su actividad fundamental; su liberación al ambiente le ayuda en la autodefensa de la planta, además evita su autotoxicidad (Lorenzo y González, 2010).

Las características alelopáticas en diferentes especies nos brindan una amplia gama de probabilidades en el control de malezas y el efecto de una planta sobre

otra, puede ser positivo, negativo o nulo, pero este comportamiento dependerá de la especie vegetal en cuestión (Ávila *et al.*, 2007; Topal *et al.*, 2006).

2.8.1 Vías de Liberación y Síntesis de Compuestos Alelopáticos

Los factores bióticos y abióticos a los que se expone las plantas en forma natural, han generado diversas rutas biosintéticas (Rúa *et al.*, 2008), produciendo infinidad de estructuras concentradas en tres grupos, compuestos fenólicos, terpenos y alcaloides, provenientes del Ácido shikímico, mevalónico y acetil Co A, existiendo un lazo estrecho entre la producción de metabolitos secundarios, la fotosíntesis y la respiración (Figura 1). La producción de estos aleloquímicos varía dependiendo de la etapa de desarrollo de la planta, la cual está regulada por su genética y el medioambiente (Philogene *et al.*, 2004).

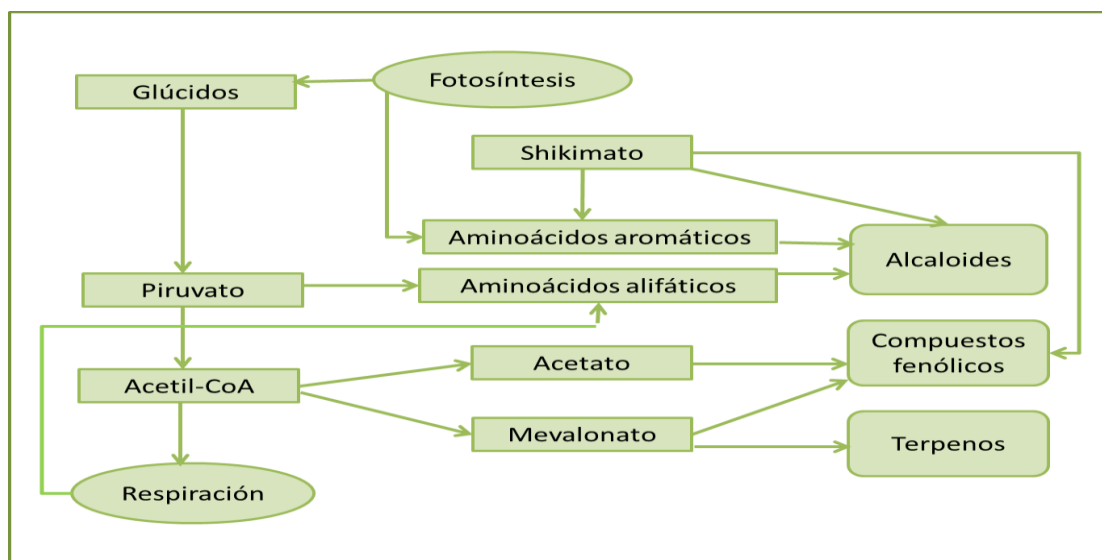


Figura 1. Vías de síntesis de metabolitos secundarios y su relación con el metabolismo primario.

Entre los **compuestos fenólicos** existen cumarinas, quinonas, flavonoides, taninos, en los **alcaloides** se encuentran glicósidos cianogénéticos, glucosinolatos, aminoácidos tóxicos, lectinas, y en los **terpenos** se presentan terpenoides, esteroides lactonas sesquiterpénicas, saponinas; generalmente estos compuestos actúan en la protección y defensa de la planta (Zamorano, 2006), y son liberados al ambiente por medio de lixiviación, volatilización, excreción o descomposición (Figura 2), ocasionando en la planta receptora, inhibición de germinación, crecimiento y desarrollo (Blanco, 2006).

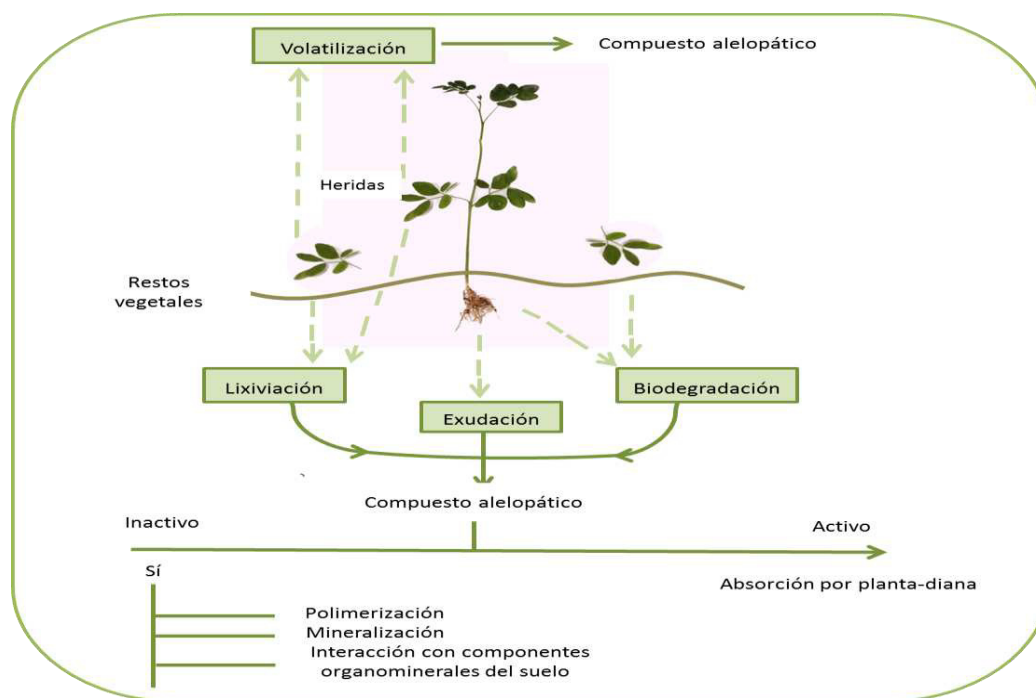


Figura 2. Vías de liberación de moléculas alelopáticas

Esta liberación al ambiente según Cárdenas (2014), se presenta en mayor grado con el ataque por patógenos o herbívoros, influyendo en una mayor producción de estos compuestos; principalmente se da por la vía de volatilización,

como advertencia de toxicidad para los depredadores. Generalmente los compuestos liberados por esta vía son terpenoides; la volatilización se presenta con más frecuencia en zonas desérticas o mediterráneas debido a las altas temperaturas.

Masa *et al.* (2008) mencionaron que el estudio del suelo y la incorporación o permanencia de estos compuestos es importante, debido a que la lixiviación, exudación y biodegradación se encuentran implícitas, afectando las propiedades de este, disminuyendo la disponibilidad de nutrientes, cantidad de pH, materia orgánica y microorganismos del suelo. La mayoría de aleloquímicos conocidos se liberan a través de las vías de exudación y descomposición atribuyéndoles la reducción en el rendimiento de cultivos por las toxinas liberadas durante estos procesos. En cuanto a la remoción de compuestos alelopáticos a través de lixiviación por efecto de lluvia o rocío, la naturaleza de los compuestos son de tipo fenólico, alcaloide y terpeno, su grado de lixivialidad depende del tipo de tejido vegetal y edad de la planta.

Investigaciones en cultivos de cobertura mencionan que al ocasionar heridas en la planta la producción de aleloquímicos se incrementa, observando un buen efecto de inhibición de malas hierbas. Pero para que este proceso se lleve a cabo, es necesario contemplar, la época de siembra, genética, edad de la planta, factores bióticos y abióticos, de lo contrario estos componentes limitaran el control efectivo de malezas (Ruiz y López, 2014).

La evaluación realizada por Blanco (2007), a nivel forestal sobre el proceso alelopático, refiere interacciones en malezas, cultivos y suelo. En ella se menciona muerte prematura de abedul en plantaciones mixtas con plantas de nogal, y

problemas de regeneración de coníferas lo que muestra que las interacciones químicas entre plantas pueden tener implicación en la alelopatía y su persistencia en el suelo.

Para aprovechar al máximo los compuestos del metabolismo secundario de las plantas y su posible explotación como bioherbicidas es necesario conocer el modo de acción que puede ser indirecto, ocasionando alteraciones en las propiedades del suelo o directo, afectando procesos metabólicos de las plantas (Samprieto, 2002).

2.8.2 Efectos Primarios y Secundarios de Compuestos Alelopáticos sobre las Plantas.

En la actualidad no se conoce el efecto causado por las moléculas alelopáticas a nivel celular, solo existen aproximaciones, debido a que los estudios se han enfocado a las manifestaciones secundarias que provocan un crecimiento lento de la planta y afectación en la germinación de semillas; Blanco (2006) refirió que el estudio de la actividad alelopática se ha basado especialmente en los compuestos fenólicos, liberados al ambiente y a su actividad fitotóxica en plantas receptoras; estudiar e identificar los metabolitos secundarios, es indispensable debido a que en forma natural las bajas concentraciones de un compuesto, no presentan actividad fitotóxica a nivel de campo, probablemente por la interacción entre estos y los factores ambientales (Tharayil, 2009).

Entre los procesos fisiológicos afectados en las especies receptoras se encuentran inhibiciones en el fotosistema II e inhibición de la cadena de transporte

de electrones, (Martínez-Otero *et al.*, 2005); afectación en la actividad respiratoria a nivel celular y mitocondrial además de la síntesis de ATP, provocada por compuestos fenólicos (Schulz *et al.*, 2006); disminución de la cantidad de oxígeno en soja reducida por el ácido cinámico probablemente durante la glicolisis (Peñuelas *et al.*, 1996); división y elongación celular afectada por cineola, en germinación de semillas de *Brassica*, inhibiendo también la síntesis de ADN a nivel radical (Koitabashi, *et al.*, 1997). También se han identificado inhibiciones en la capacidad de captación de nutrientes por una supresión de micorrizas debido principalmente a compuestos fenólicos (Macías *et al.*, 2008).

Barkosky y Einhellig (1993) explicaron sobre un desequilibrio en la absorción de potasio y fosforo por efectos en la permeabilidad de la membrana celular; mencionaron que la inhibición en el crecimiento de soja se ve influido por el ácido salicílico en su relación en cuanto a la transpiración y absorción radicular.

La información recabada por Vyvyan (2002), mencionó a los compuestos flavonoides y cumarinas como inhibidores de la germinación de semillas de *Allium cepa*, debido a un bloqueo en la actividad mitótica, de igual forma refiere que aleloquímicos derivados de terpenoides provocan una estimulación e inhibición del desarrollo en *Hordeum vulgare*, igualmente en esta especie, Xuan *et al.* (2004) identificaron una reducción en la síntesis de enzimas amilasa y fosfatasa en el endospermo de las semillas.

Otros estudios no realizados con especies invasoras se han enfocado en los sistemas redox para evaluar el modo de acción de los aleloquímicos, identificando

efectos en transpiración, cierre estomático, diferencia en regulación hormonal y afectaciones en la respiración de especies nativas con la presencia de *Acacia dealbata* (Lorenzo *et al.*, 2008).

2.9 Plantas Alelopáticas como Fuente de Bioherbicidas.

Es necesario buscar alternativas amigables con el ambiente para el combate de arvenses, debido a que al aplicar agroquímicos solo el 0.4 % llega a la maleza, el producto restante circula en el ambiente contaminando el agua y el suelo. Según estimaciones, las pérdidas anuales causadas por malezas en países en desarrollo ascienden a 125 millones de toneladas de alimentos. Por lo tanto, investigaciones sobre metabolitos secundarios originados de plantas con actividad alelopática, pueden ser una alternativa en el control de malezas, además de presentar la ventaja de ser biodegradables (García y Peláez, 2007).

Existe una gran cantidad de especies cultivadas y no domesticadas que pueden utilizarse por su potencial alelopático como productoras de herbicidas naturales, siendo estas: *Sorghum bicolor*, *Macrophylla furcraea* Baker, *Cyperus rotundus* L., *Ruta graveolens*, evaluadas por Salazar *et al.*, (2009); ellos observaron efecto inhibitorio en semillas de *A. dubis* y *C. Sativum* y *B. pilos*, al utilizar extractos acuosos, etanólicos y clorofórmicos al 2, 5 y 10 % de concentración. Por lo tanto investigaciones de productos obtenidos del metabolismo secundario de diferentes especies vegetales, abre una ventana de probabilidades en el control de malezas, desarrollo de nuevos herbicidas naturales y la contribución al cuidado del ambiente.

Jiménez *et al.* (2006) observaron que extractos acuosos de *Pinus caribea* al 100% de concentración, aplicados en malezas asociadas a cultivos hortícolas bajo invernadero, lograron inhibir la germinación en un 53% a los 7 días después de la aplicación y a los 21 días la inhibición incremento hasta un 96 % de semillas germinadas.

Torres *et al.* (2003) utilizaron extractos acuosos y residuos de hojas de *Ipomoea batatas* L., encontrando que el extracto acuoso produce efectos inhibitorios en la germinación del frijol y efectos estimulantes en melón, maíz, calabaza y sorgo. Aplicaciones al suelo inhibieron la germinación al 100% en especies de malezas utilizando dosis de (560 g de restos m⁻²).

2.9.1 *Parthenium hysterophorus* L.

Esta planta es anual y erecta, se propaga por semilla, crece hasta 2 m de altura con muchas inflorescencias ramificadas color blanca. Es originaria de América tropical, se distribuye fácilmente en las praderas, huertos y zonas de cultivo, germina en un máximo de 1 a 6 meses después de que los aquenios maduran. Las semillas no germinan en el suelo a una profundidad de 5 cm, su ciclo se completa en aproximadamente 5 meses, produciendo una sola planta, un promedio de 810 flores. Los cultivos afectados van desde granos básicos, cereales, hortalizas, forrajes y frutales. Contiene en su tallo y hojas un alcaloide llamado parthenina que es tóxica para el ganado, también cuenta con actividad alelopática que sirve como medio de defensa contra depredadores, además ayuda a controlar otras malezas. (CONABIO, 2004)

Pandey (1994), realizó estudios de la actividad alelopática de *Parthenium hysterophorus* contra la maleza *Salvinia* encontrando que el residuo de sus hojas inhibió el crecimiento de esta maleza, se observó que el aleloquímico parthenin ácido y p- hidroxibenzonico en concentraciones de 50 y 100 ppm, mató plantas de *salvinia*.

En contraparte Kumar *et al.* (2012), encontraron que raíces y tallos de *Parthenium hysterophorus* pueden utilizarse como larvicidas de mosquitos como *Aedes aegypti*, que fue controlado con extractos de éter de petróleo, presentando los estudios fotoquímicos cualitativos la presencia de alcaloides, saponinas terpenoides y flavonoides en diferentes combinaciones.

Parthenium hysterophorus L es una especie de planta agresiva capaz de reproducirse y establecerse en nuevos territorios con facilidad, invadiendo principalmente hábitat perturbados, incluyendo agroecosistemas; se adapta a diversas condiciones climáticas; al establecerse forma grandes masas de residuos de plantas y semillas haciendo imposible que otro tipo de vegetación invada las zonas próximas a ella; lo cual puede ser atribuido a sus efectos alelopáticos, esta maleza exuda compuestos tóxicos por su sistema radical. En suelos infestados se muestra que la actividad inhibitoria se encuentra de 0 a 7 cm de profundidad, aunado a la descomposición y lixiviación de la parte aérea de la planta contribuyendo también a aumentar este potencial alelopático (Tefera, 2002).

Estudios realizados en extractos acuosos de hojas en laboratorio y residuos en descomposición indican liberación de aleloquímicos como la parthenina; además, Belz *et al.* (2007), encontraron que la cantidad de aleloquimos liberados en residuos

en descomposición es proporcional a la cantidad total de residuos, siendo un ingrediente principal cuando se encuentra en la hoja. Los estudios en laboratorio demuestran que la parthenina retrasa la germinación y reduce el crecimiento de las plantas, pero en forma natural dependerá de la cantidad de compuesto que pueda acumular la planta y la estabilidad de estas concentraciones en el suelo.

2.9.2 *Ambrosia artemisiifolia* L.

Es originaria de Norte y Sudamérica, planta herbácea de la familia de las asteráceas, se encuentra en hábitats perturbados, caminos, campos agrícolas, y jardines. Su ciclo de vida se completa en 6 meses (Buttenschøn *et al.*, 2010). Invade fácilmente terrenos; una de sus principales características es su alta producción de semillas (346 a 6114 semillas por planta) que pueden persistir por décadas en el suelo ocasionado perturbación tanto en cultivos de primavera-verano como otoño-invierno; registros y estudios más detallados se han realizado en regiones de Europa y Francia; investigaciones realizadas desde 1863 mencionan que semillas de esta maleza mezcladas con semillas de cultivos se introdujeron desde el norte de Estados Unidos a partes de Europa, Asia y Australia, lo cual ha provocado la irrupción en cultivos de soya y girasol. Además, de ser una planta invasora en agroecosistemas y ambientes perturbados, ocasiona alergias en humanos por su abundante producción de polen (Fumanal *et al.*, 2008). La distribución de esta maleza a través de regiones europeas ha ocasionado problemas respiratorios; por lo tanto, estudios realizados por Bohren (2007), que se han enfocado al monitoreo de polen, almacenado por medio de una trampa volumétrica, para después analizarlo utilizando microscopía óptica mencionó que de 6 a 10 granos de polen por m³ no ocasiona daño a la salud. Pero

cantidades mayores a este rango provocan graves problemas alergenicos y la llamada fiebre del heno en suiza.

Gerber *et al.* (2011) explicaron que en la Union Europea se han utilizado diversos métodos de control que mitiguen el daño ocasionado por esta maleza. Sus investigaciones se han enfocado principalmente en control biologico utilizando insectos y patógenos que puedan combatir a esta planta; los ordenes que han presentado buenos resultados en insectos coleoptera, diptera, lepidoptera y en patogenos de la división basidiomyceta observando que se encargan de consumir el polen y hojas afectando las funciones fisiologicas de *A. artemisiifolia*. Este tipo de control esta siendo monitoreado, debido a que su producción y liberación ha ocasionado daños en otras plantas.

Las malezas del genero Ambrosia presentan metabolitos secundarios como alcaloides, quinonas, flavonoides, taninos, etc. Investigaciones de *A. peruviana* demuestran su uso como agente antiparasitaria al utilizar extractos etanolicos con una dosis de 64 µg/ml (Guauque *et al.*, 2010).

Gioanetto *et al.* (2010) observaron un efecto insecticida al utilizar extractos acuosos de semillas de *A. artemisiifolia* sobre especies consideradas plagas en el estado de Michoacan, México; como son pulgón, mosquita blanca, gusanos barrenadores y cogolleros identificados en plantios de tabaco, café y citricos. Al emplear la planta seca como abono, se observa una actividad alelopática de *A. artemisiifolia*, mostrando disminución en la germinación de especies cultivadas y

especies invasoras, presentando una inhibición del 50% de germinación en el cultivo de tomate y un 90% de germinación en la maleza *D. sanguinalis* (Vidotto *et al.*, 2013).

También residuos en descomposición de la especie *A. trifida* presente en cultivos de trigo, arrojan un menor crecimiento de la especie cultivada comparado con áreas agrícolas donde no se encuentra este tipo de maleza; análisis de suelo exhiben diversas sustancias probables de la actividad alelopática como fitotoxinas y sesquiterpenos del tipo caroteno como los causantes de este efecto de ralentización en trigo (Kong *et al.*, 2007).

2.10 Métodos de Extracción

Los métodos de extracción de principios activos en vegetales permiten saber la diversidad de sustancias que contienen estos en su metabolismo. Existen metabolitos de tipo primario que son indispensables para realizar sus funciones fisiológicas y otras sustancias provenientes del metabolismo secundario que no forman parte de estas, sino más bien se producen por la planta para utilizarlos como medios de defensa contra depredadores o atrayentes de polinizadores para su reproducción. El estudio de este tipo de sustancias ha sido posible debido a la utilización de diversas técnicas de extracción en frío o calor, agregando solventes (acuosos, etanólicos, metanólicos etc) que permiten una mayor o menor extracción de compuestos activos (Sharapin, 2000).

Entre las extracciones más importantes de principios activos en plantas se encuentra: 1) Extracción mecánica, 2) Extracción por destilación y 3) Extracción con solventes. La primera consiste en obtener los principios activos que se encuentran disueltos en los fluidos del material biológico aplicando calor, realizando daño mecánico en la planta o comprimiendo el material vegetal para obtener el jugo. La segunda se basa en la diferencia de polaridad tanto del solvente como del soluto obteniendo los principios activos por hidrodestilación o arrastre de vapores. La tercera se puede dividir en grupos, continua (Soxhlet o Ultrasonidos) o discontinua (macerados) comúnmente se utilizan solventes como agua, alcohol, acetona, metanol, etc., (Juárez, 2012).

2.10.1. Extracción Convencional Sólido-Líquido.

Este tipo de extracción consiste en pulverizar la muestra sólida y extraer los compuestos activos del material vegetal a través de la utilización de un disolvente, suele realizarse por medio de agitación, agregando temperatura con un tiempo determinado, pueden ser minutos incluso varias horas, para obtener una eficiencia mayor en la extracción; al finalizar el proceso de agitación se realiza un filtrado para separar el líquido y almacenarlo para su posterior utilización (Hulbert *et al.*, 1998; Ordoñez *et al.*, 2006).

2.10.2 Extracción Asistida por Ultrasonido.

Este método de extracción se aplicó por primera vez en 1917 en la industria alimentaria; a través del tiempo se ha utilizado para diferentes fines. Consiste en realizar agitación por medio de vibraciones de alta densidad generando ondas

ultrasónicas que entran en contacto con el soluto y solvente obteniendo una mayor extracción de compuestos bioactivos. La sonicación acelera la disolución de sólidos y ayuda a tener una homogenización del producto que se requiere (Arbeláez *et al.*, 2011; Azuola y Águilar, 2007).

2.11 Compuestos Fenólicos

Los compuestos fenólicos o fenoles se encuentran en el reino vegetal, son orgánicos, su estructura molecular contiene por lo menos un grupo fenol y un grupo funcional unido a un anillo aromático. Presentan diferentes actividades y estructuras químicas, son muy diversos, abarcando 10,000 compuestos en las plantas, provenientes de la ruta biosintética del ácido shikímico y la vía del ácido mevalónico. Generalmente se consideran micronutrientes indispensables para alimentación humana y animal. Son fácilmente oxidables y presentan implicaciones de defensa o tolerancia al estrés en las plantas (Vásquez, *et al.*, 2007). Las células de las plantas tienden a inhibir reacciones de oxidación o a eliminar reacciones intermedias entre los radicales libres, ayudando a retrasar o prevenir la oxidación de las moléculas de estos compuestos generando así una capacidad antioxidante. Esta función trata de minimizar la oxidación y muerte celular, algunas vitaminas y enzimas son considerados antioxidantes en los vegetales (Castañeda *et al.*, 2008).

García y Carril (2011), mencionaron que los compuestos fenólicos llamados también metabolitos secundarios se agrupan en tres clases: 1) *Alcaloides* y *Terpenos*; (fenoles donde se encuentran pigmentos, hormonas y aceites esenciales).

2) *Polifenoles*; (taninos, flavonoides, cumarinas y lignina). 3) *Glicósidos*; (glucosinatos, glicósidos y saponinas).

2.11.1 Alcaloides

Los alcaloides son metabolitos secundarios presentes en plantas, sintetizados por medio de aminoácidos, un compuesto químico abundante en este tipo de compuestos es el nitrógeno, forma parte de la defensa de la planta ante los predadores. Provoca efectos estimulantes a bajas concentraciones; por lo general son tóxicos (Reyes *et al.*, 2015).

2.11.2 Taninos

Los taninos son metabolitos secundarios extraídos de las plantas con agua o alcohol; no nitrogenados de alto peso molecular, son polímeros complejos con capacidad de unirse a proteínas y minerales (Vázquez-Flores *et al.*, 2012) son de sabor amargo, tóxicos de olor fuerte; se utilizan principalmente en el curtido de pieles; esta utilización se da por la reacción que produce con el colágeno presente en las pieles de los animales, lo cual confiere protección ante la putrefacción y daño por microorganismos. La fórmula general de este compuesto es $C_{14}H_{14}O_{11}$. Forman parte de la defensa de la plantas; algunos taninos condensados son perjudiciales para los herbívoros, inhiben enzimas digestivas, alteran la absorción de azúcares y provocan una reducción en el crecimiento (Scull y Savón, 2003); por lo tanto, los animales tienden a rechazar plantas con altos contenidos de taninos. Generalmente son considerados tóxicos, pero en la actualidad algunos de estos compuestos en bajas

cantidades presentan beneficios en la salud humana al ser incorporados en la dieta (Torres-Acosta, *et al.*, 2008).

La actividad alelopática de taninos según Sampietro (2001), reduce la descomposición de materia orgánica en suelos boscosos debido a inhibición de bacterias nitrificantes. Blanco (2006) refirió inhibición en la síntesis de enzimas catalasa, amilasa, y fosfatasa en plantas y cereales. Esta reducción en la actividad enzimática según Espinosa *et al.* (2012) encontrada en extractos acuosos de *Terminalia catappa* L, provocan inactivación de enzimas en el hongo *Sclerotium rolfsii*.

2.11.3 Flavonoides

Los flavonoides son muy diversos, biosintetizados en el citoplasma de la planta y trasladados a la vacuola, su concentración varía dependiendo de la especie y el medio ambiente, una de sus funciones principales es brindar a la planta defensa ante depredadores, transporte de algunas sustancias, resistencia a la oxidación por la luz solar, además su color y olor presente en las estructuras florales trabaja como atrayente de insectos polinizadores (Ávila, 2009). Los flavonoides forman parte del metabolismo vegetal, su estructura química está conformada por dos anillos fenilos ligados por un anillo pirano, son compuestos aromáticos a los que se atribuye la pigmentación en plantas y frutos, atrayente de insectos para la polinización, infieren resistencia a enfermedades, además regula la cantidad de luz a las “auxinas” reguladoras del crecimiento en las plantas (Jiménez *et al.*, 2009).

Macías *et al.* (2007) mencionaron que dentro de los 5000 compuestos de flavonoides, algunos se les atribuyen actividades alelopáticas como inhibición en la absorción mineral, inhabilitación en transferencia de energía imposibilitando la síntesis de ATP mitocondrial, atribuido a el kaempferol, quercetina y naringenina. También refieren que la exudación radicular de catequina derivada de la maleza *Centaurea maculosa* cambia la expresión genómica y provoca la muerte del sistema radicular en plantas contiguas.

2.12 Método de Folin –Ciocalteu

Este ensayo es un método preciso y sensible utilizado para la determinación de compuestos fenólicos presentes en especies vegetales. El reactivo contiene el ácido fosfomolibdotúngstico por la combinación de wolframato sódico y molibdato sódico en ácido fosfórico. Este ácido reacciona con los compuestos fenólicos presentes en la muestra, al reaccionar y ser reducido por los compuestos fenólicos, se torna de color amarillo a color azul intenso. Para evaluar la cantidad de polifenoles totales se utiliza una curva de ácido gálico y se toma una lectura a 750 nm utilizando el espectrofotómetro (Beltrán *et al.*, 2013; Martínez *et al.*, 2015).

2.13 Determinación de Capacidad Antioxidante por DPPH

Los antioxidantes son compuestos que retardan la oxidación de otras moléculas, inhibiendo las reacciones en cadena de los radicales libres. Los compuestos fenólicos actúan como antioxidantes al activar sus mecanismos de defensa en las plantas que ayuda a eliminar especies reactivas de oxígeno. La acumulación de estos compuestos antioxidantes varía dependiendo de la especie

vegetal y factores adversos a los que esta se enfrente (Cárdenas-Sandoval *et al.*, 2012).

Peralta y Volke, 2007, refirieron que las plantas al estar sometidas a cualquier tipo de estrés incrementan la formación de especies reactivas de oxígeno provocando un desequilibrio celular llamado estrés oxidativo. Por tal motivo la planta utiliza mecanismos de defensa donde moléculas amortiguadoras antioxidantes como: flavonoides, taninos, carotenoides, ascorbato, glutatión etc., junto con reacciones enzimáticas eliminan o suprimen ERO evitando así la oxidación celular.

Sepúlveda *et al.* (2004), mencionó que algunos metabolitos secundarios utilizados para la defensa de la planta ayudando a destruir especies reactivas de oxígeno para evitar una toxicidad celular y posible muerte de la planta.

Existen diversos métodos para medir la capacidad antioxidante *in vitro*, uno de estos es el DPPH (1,1-difenil-2-picril-hidrazilo) es un método simple, rápido y de menor costo. La utilización de este método data de los años 50's, donde se descubrió la capacidad del radical DPPH de aceptar átomos de hidrógeno provenientes de la cisteína. Su molécula es estable, al reaccionar con el sustrato antioxidante en un tiempo determinado de 20 a 30 minutos su color violeta intenso se desvanece, lo que nos indica la capacidad del compuesto para atrapar radicales es la reducción del DPPH, la cual es monitoreada espectrofotométricamente a 517 nm. (Tovar, 2013; Vásquez *et al.*, 2007)

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Etapa 1 Trabajo de Laboratorio

3.1.1 Obtención de Extractos Acuosos y Etanólicos

Para la obtención de extractos acuosos y etanólicos se colectaron las *malezas Parthenium hysterophorus L* y *Ambrosia artemisiifolia L.* como posibles malezas alelopáticas, esta selección se basó en la problemática observada en terrenos del campo experimental de la FAUANL de Marín N.L.

Se evaluaron dos métodos de extracción de metabolitos: método de extracción asistida por ultrasonido (sonicación) y el método de extracción solido-líquido. Los solventes que se utilizaron en cada uno de los métodos fue etanólico y acuoso.

3.1.2 Colecta de Especies Vegetales de Malezas a Utilizar para Extracción de Metabolitos Secundarios.

Se realizó una colecta de 3.0 kg. de peso fresco de planta completa de las malezas, *Parthenium hysterophorus L.* y *Ambrosia artemisiifolia L.* con una altura aproximada de 80 cm; la colecta se realizó en la Unidad Académica Marín de la Facultad de Agronomía UANL, en el polígono norte “B”, cercano a las presas gemelas. La colecta fue el día 26/01/2015 a las 12:00 horas (Figura 3).



Figura 3. Recolección de *A. artemisiifolia* L. y *P.hysterophorus* L.

El material se lavó con agua corriente, se seleccionaron plantas que no estuvieran dañadas, se cortaron en secciones pequeñas de aproximadamente 5 cm. El material se colocó en la estufa para secado de muestras vegetales en bolsas de carton previamente perforadas, a una temperatura de 55°C durante dos días (García-Mateos *et al.*, 2011).

Se molió en licuadora, se almacenó en botes de plastico tapados en un lugar fresco y seco, para su uso posterior (Figura 4).



Figura 4. Maleza molida de *P. hysterothorus* L. y *A. artemisiifolia* L.

3.1.3 Extracción de Metabolitos Secundarios

En el Laboratorio de Biotecnología de la Facultad de Agronomía UANL se llevo a cabo el proceso de extracción de metabolitos secundarios. Para los metodos de extracción se modificó la información referida por Ordoñez *et al.*(2006).

3.1.3.1. Procedimieto extracto etanólico y acuoso por método de extracción solido-liquido.

- Para el extracto etanólico se peso 1 g molido de cada una de las malezas por triplicado, cada gramo se colocó en papel aluminio.
- El producto ya pesado se agregó en un recipiente de polipropileno de 50 ml con tapa, se agregaron 19ml de etanol al 70% a los recipientes de polipropileno; se identificaron las muestras etiquetandolas.
- Se colocaron los recipientes en el horno de hibridación a 60°C, a 6 rpm durante 60 minutos.
- Se realizó un filtrado y el líquido recuperado se colocó en tubos de ensayo cubiertos con papel aluminio; se almaceno a 4°C.

Nota: El procedimiento del extracto acuoso es similar. Difiere en agregar 19 ml de agua bidestilada en lugar del etanol.

3.1.3.2. Procedimieto extracto etanólico y acuoso, método de extracción asistida por ultrasonido.

Se utilizó la metodología modificada de Herrera y De Castro (2005).

- Para el extracto etanólico se peso 1 g molido de cada una de las malezas por triplicado, cada gramo se colocó en papel aluminio.
- El producto ya pesado se agregó en un recipiente de polipropileno de 50 ml con tapa, se agregaron 19 ml de etanol al 70% a los recipientes de polipropileno. Se etiquetaron las muestras.
- Los recipientes se colocaron en un sonicador durante 60 minutos.
- Se realizó filtrado y el líquido recuperado se colocó en tubos de ensayo cubiertos con papel aluminio, se almaceno a 4°C.

Nota:La diferencia del extrato acuoso es que se agregaron 19 ml de agua bidestilada.

3.1.4. Determinación de Polifenoles Totales por el Metodo de Folin-Ciocalteu.

Para la determinación de polifenoles totales de la planta completa de cada uno de los extractos de malezas se utilizó el método de Folin-Ciocalteu modificado por Beltran *et al.* (2013). La preparación de muestra y la preparación de la curva de calibración se realizó por separado con el procedimiento descrito a continuación; los resultados de la cantidad de polifenoles se expresaron en mg L^{-1} de equivalentes de ácido gálico.

3.1.4.1 Descripción de metodología

A. Preparación de muestra

Se agregó por triplicado en tubos de ensayo, 250 μl de agua destilada, 50 μl muestra, 250 μl de reactivo Folin-Ciocalteu y 250 μl de Na_2CO_3 .

B. Preparación de la curva de calibración

Se agregaron por duplicado, 250 μl de ácido gálico en concentraciones de: 0, 20, 50, 70, 90, 110, y 150 ppm; 250 μl de reactivo Folin-Ciocalteu y 250 μl de Na_2CO_3 . (Figura 5).



Figura 5. Preparación de muestra y curva de calibración

C. Las muestras preparadas se colocaron en el interior de un baño maria para su incubación a 40°C por 30 min (Figura 6) para promover una reacción de oxido-reducción.

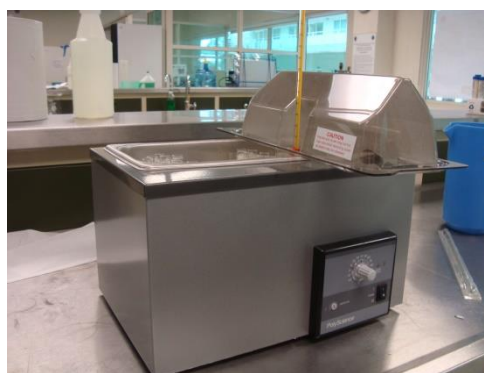


Figura 6. Incubación de muestras en baño maria.

D. Después de la incubación se agregaron 2 ml de agua destilada a cada tubo de ensayo, tanto de la curva de calibración como de las muestras y se realizó una

homogenización por medio de un vortex (Figura 7). Posteriormente se tomó la lectura en un espectrofotometro a 750 nm (Figura 8).



Figura 7. Homogenización de muestra



Figura 8. Lectura de absorbancia 750 nm

En base al contenido de polifenoles totales de cada uno de los extractos obtenidos, se seleccionó el mejor método de extracción y mejor solvente. Se realizó la extracción en volumen de cada extracto para posteriormente aplicarlo en bioensayos de germinación y aspersion foliar sobre cinco especies vegetales, de los cuales tres eran cultivos comerciales (*Phaseolus vulgaris* L. *Sorghum bicolor* L. y *Zea mays* L.) y dos malezas de importancia en los terrenos del campo agrícola experimental de la FAUANL del municipio de Marín (*Helianthus annuus* L. y *Xanthium strumarium* L.). Se utilizaron tres concentraciones diferentes de cada extracto (1.5%, 3.5% y 6.5%).

Las concentraciones se determinaron utilizando un rotavapor Heidolph G1 a una temperatura de 75°C a 80 rpm (Figura 9).

El matraz del rotavapor con capacidad de 1000 ml se colocó en una estufa de secado durante 24 horas a 100°C, después de este tiempo se procedió a registrar el peso obtenido en una báscula analítica y posteriormente se agregaron 500 ml de extracto, para su rotoevaporación, obteniendo un producto de color verde oscuro-negro. A continuación, se colocó a 55° C durante 2 horas en una estufa para eliminar restos de solvente y se pesó nuevamente, de acuerdo al peso obtenido después de roto evaporar, se agregó el solvente por diferencia para completar 100 ml de extracto concentrado; el líquido se resuspendió utilizando un sonicador Branson 3800, el producto se concentró en diferentes porcentajes y se almacenó a 4° C para su posterior utilización.



Figura 9. Rotavaporación de solvente

El procedimiento anterior se utilizó para determinar una concentración y en base a esta obtener las diferentes concentraciones que se utilizaron en las aplicaciones de los bioensayos de germinación y aspersión foliar.

Para el cálculo de las concentraciones se utilizó la siguiente formula:

$$C1 V1 = C2 V2 \quad \text{Donde } V1 = C2 V2 / C1$$

C1 = Concentración 1, C2 = Concentración 2, V1 = Volumen 1, V2 = Volumen 2

3.1.5 Determinación de Flavonoides.

Para la detección de flavonoides totales se modificó el método colorimétrico descrito por Ávila (2009). En tubos de ensayo se colocaron 50 µl de extracto, 100 µl de agua destilada, se agregaron 150 µl de nitrito de sodio al 5%, 150 µl de cloruro de aluminio al 10% y 1 ml de hidróxido de sodio 1 M. Para la curva de calibración se agregaron 150 µl de quercetina por duplicado y se utilizaron concentraciones de 0, 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 ppm, se homogenizó en vortex y se midió la absorbancia a una longitud de onda de 510 nm. Los resultados se expresaron con equivalentes de quercetina en mg L⁻¹.

3.1.6 Determinación de Taninos Condensados.

Para la determinación de taninos condensados se modificó la metodología descrita por Isaza *et al.*, (2007). Se agregó por triplicado 25 µl de extracto en tubos de ensayo, se añadieron 625 µl de vainillina al 1%, 625 µl de ácido sulfúrico al 25%; se colocó en baño maría a 37°C durante 15 minutos, posteriormente se registró la lectura a una longitud de onda de 500 nm, las unidades se expresaron en equivalentes de catequina en mg L⁻¹.

3.1.7 Determinación de Capacidad Antioxidante.

Para determinar la capacidad antioxidante en la preparación de la muestra se utilizaron, 10 µl de extracto, 40 µl de agua destilada y 2,950 µl del reactivo DPPH 60 µM. Para la curva de calibración se utilizó como estándar 50 µl ácido gálico en

concentraciones de 0, 20, 50, 70, 90, 110, 150 ppm, 50 μ l de agua destilada y 2,950 μ l de reactivo DPPH 60 μ M. Se dejó reposar en la oscuridad a temperatura ambiente durante 30 minutos y se midió en espectrofotómetro a una longitud de onda de 517 nm. Las unidades se expresaron en equivalentes de ácido gálico mg L⁻¹. En esta metodología se modificaron volumen y concentraciones descritas por Sousa y Correia (2012).

Bioensayos de germinación y aspersión foliar

3.1.8. Recolección de Semillas de Dos Especies de Malezas

Se realizó la colecta de semillas de *Helianthus annuus* L. y *Xanthium strumarium* L. de plantas secas, en la Unidad Académica Marín de la Facultad de Agronomía en el polígono norte "B" a un lado de las presas gemelas el día 23/01/2015. Se determinó considerar estas dos especies de maleza, debido a que son malezas que se presentan frecuentemente en el área agrícola de Marín y en el transcurso de los años su diseminación se ha ampliado a zonas de cultivos donde no existía su presencia.

La semilla se colocó en bolsas de papel, previamente rotuladas con el nombre común, nombre científico, fecha, hora y lugar de la colecta. Se trasladaron al lugar de trabajo para realizar su selección y limpieza, seleccionando semillas que no estuvieran picadas o dañadas y se retiraron residuos (Figura 10).



Figura 10. Selección y limpieza de semilla de Girasol (*H. annuus* L) y Chayotillo (*X. strumarium*).

Las semillas de cultivos comerciales se obtuvieron de reservas de semillas anteriormente adquiridas para trabajos de campo de la Facultad de Agronomía, estos cultivos son granos básicos que se siembran continuamente en la zona baja del estado de Nuevo León. Se establecieron en bioensayos de germinación y aspersión foliar con las malezas anteriormente mencionadas para evaluar la fitotoxicidad del cultivo y el control de malezas utilizando los extractos de *P. hystrophorus* L y *A. artemisiifolia* L.

3.1.9 Pruebas de Germinación.

Se realizaron pruebas de germinación de las cinco especies vegetales previamente mencionadas.

Se utilizó como sustrato papel secante, según método descrito por International Seed Testing Association (ISTA, 2007). Se colocaron 100 semillas de las especies comerciales, con tres repeticiones, sobre un papel secante de 40 x 40 cm con una distancia entre semillas de 1-2 cm, se asperjó con agua destilada (Figura 11), se colocó otro papel secante sobre las semillas, se asperjó, se hizo un rollo, se sujeto

con hilo en un extremo, se colocó en una bolsa y se introdujo en caja oscura para estimular la germinación con una temperatura de 22 ± 2 °C.

Nota: Para las pruebas de germinación se utilizaron 40 semillas en cada rollo de papel secante por repetición para las especies maleza.



Figura 11. Pruebas de germinación.

3.1.10 Bioensayos de Germinación

Para realizar los bioensayos de germinación se seleccionaron 20 semillas de cada especie comercial y especie maleza anteriormente mencionadas, se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 3% de acuerdo a la metodología de Gil *et al.* (2010) (Figura 12).



Figura 12. Desinfección de semilla

Los bioensayos de germinación se realizaron con modificaciones del método descrito por García-Mateos *et al.* (2013). En cajas Petri de 9 cm de diámetro se colocó papel filtro n° 4, se agregaron 3 ml de extracto en diferentes concentraciones y un tratamiento control con agua destilada. Se sembraron 20 semillas de cada especie vegetal con tres repeticiones por tratamiento (Figura 13); las cajas de Petri se colocaron a oscuridad en una cámara de germinación construida bajo una mesa cubierta con papel aluminio, a una temperatura promedio de 25°C. Las variables medidas fueron: porcentaje de germinación, a los 7, 14 y 21 días después de la siembra.



Figura 13. Cámara de germinación construida.

3.1.11 Bioensayos de Aspersión Foliar

Para la determinación de toxicidad de los extractos aplicados al follaje de las plantas estudiadas, se realizó una siembra en charolas de 200 cavidades, las cuales se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 3 % (Osorio *et al.*, 2009; Figura 14).

Se agregó 1.0 kg de sustrato peat moss previamente humedecido en charolas de poliestireno de 200 cavidades, se sembraron 600 semillas de maleza *H. annuus*, y *X. strumarium* y 50 semillas de cada uno de los cultivos comerciales (Figura 15). Al finalizar la siembra se agregó un litro de agua con una regadera, para evitar sacar la semilla. Las charolas se colocaron a temperatura ambiente y se les agregó un litro de agua por charola para mantener la humedad.



Figura 14. Desinfección de charolas.



Figura 15. Siembra en charolas.

Posteriormente, al transcurrir 21 días después de la siembra, se trasplantaron en macetas de 20 x 10 cm, colocando cinco plantas de cada maleza y dos por cultivo (Figura 16).

El diseño experimental utilizado fue un factorial completamente al azar donde los factores fueron los extractos de dos malezas y tres niveles de concentración cada uno (2 malezas x 3 niveles) más un testigo únicamente con agua destilada. Los tratamientos se pusieron en tres repeticiones. Los tratamientos fueron: T1: *Ph* 6.5%; T2: *Ph* 3.5%; T3: *Ph* 1.5%;) T4: *Aa* 6.5%; T5: *A.a* 3.5%; T6: *A.a* 1.5% y T7: Ad.

Dónde: *Ph* = *Parthenium hysterophorus* L, *Aa* = *Ambrosia artemisiifolia* L, *Ad* = agua destilada. Cada experimento se manejó con un experimento independiente.

En el Cuadro 2 se muestran el arreglo espacial en macetas de cada uno de los experimentos, de igual forma en la Figura 17 se observan las unidades experimentales al finalizar el trasplante y con el acomodo respectivo.



Figura 16. Trasplante de las 5 especies vegetales

Cuadro 2. Distribución completamente al azar de experimentos en bioensayos

Experimento de frijol	Experimento Sorgo	Experimento Maíz
T2	T6	T1
T5	T5	T3
T7	T7	T5
T1	T3	T4
T4	T2	T2
T6	T4	T7
T3	T1	T3
T7	T6	T1
T4	T5	T6
T1	T3	T5
T6	T2	T7
T5	T4	T2
T3	T1	T4
T2	T6	



Figura 17. Acomodo en diseño completamente al azar

Las plantas alcanzaron una altura aproximada de 5 a 10 cm antes al momento de la aplicación de los tratamientos, lo cual se realizó según lo descrito por Zapata *et al.* (2011); las plantas se asperjaron por única vez con 10 ml de cada tratamiento (Figura 18 y 19) a una distancia del aspersor de 15 cm; el volumen mojó las plantas a punto de goteo. En cada unidad experimental se midió la altura de plantas antes de la aplicación y a los 4 y 8 días después de aplicación de los tratamientos.



Figura 18. Aplicación de tratamientos



Figura 19. Cantidad asperjada en punto de goteo

3.1.12 Diseño experimental y análisis estadístico.

El diseño experimental utilizado en los bioensayos de germinación y aspersión foliar fue un factorial completamente al azar donde los factores fueron los extractos de dos malezas y tres niveles de concentración cada uno (2 malezas x 3 niveles) más un testigo únicamente con agua destilada. Los tratamientos se pusieron en tres repeticiones. Los tratamientos fueron: T1: *Ph* 6.5%; T2: *Ph* 3.5%; T3: *Ph* 1.5%; T4: *Aa* 6.5%; T5: *A.a* 3.5%; T6: *A.a* 1.5% y T7: Ad. La interpretación de resultados se hizo un análisis de varianza, con comparación de promedios por el método de Tukey $p \leq 0.05$, y contrastes ortogonales. Utilizando los paquetes estadísticos SPSS Statistical Package for Social Sciences y el paquete estadístico FAUANL (Herreras, 2005; Olivares, 2012).

3.2 Etapa 2 Trabajo de Campo

3.2.1 Localización de los Experimentos de Campo

El presente trabajo se realizó en el instalaciones de la Facultad de Agronomía, Campus Marín, ubicado en carretera Zuazua-Marín km 17.5 en el Municipio de Marín, Nuevo León, con una elevación de 375 msnm, coordenadas 25° 53' latitud norte y 100° 03' longitud oeste, con una temperatura promedio anual de 22 °C y una precipitación anual promedio de 573 mm (Rodríguez *et al.*, 2013).

3.2.2 Preparación de Suelo.

La preparación de suelo se realizó el 15 de agosto del 2015; consistió en un paso de chapoleadora y aradura para eliminar las malezas que se encontraban presentes en el área donde se iba a realizar el experimento., seguido de paso de rastra para mullir el suelo e incorporar restos vegetales.

3.2.3 Siembra de Experimentos

El área de trabajo se dividió en tres partes, para el establecimiento de los experimentos de sorgo, maíz, frijol, con un área de 1555.2 m² por cada experimento. (Figura 20). Se trazaron líneas utilizando cal, cada unidad experimental fue de 16 m², la cual consta de cuatro surcos de 5 m de largo con una distancia entre surcos de 0.80 m. La siembra se efectuó en seco, el 27/08/2015 con las variedades: frijol pinto saltillo, maíz blanco Hualahuises y sorgo Kingold 870 (Figura 21).



Figura 20. Delimitación del área experimental



Figura 21. Siembra de maíz, frijol y sorgo.

La aplicación del primer riego fue el 01/09/2015, observando un 95% de emergencia en el maíz para el día 07/09/2015 (Figura 22), mientras que para el sorgo no se observó emergencia de plantula y en el caso del cultivo de frijol las plantulas se encontraban muy dispersas (aproximadamente a 2 metros de distancia en cada unidad experimental), por lo cual se procedio a volver a sembrar estos dos cultivos.

El cultivo del sorgo se estableció nuevamente el 08/09/2015, y el frijol variedad pinto saltillo se estableció el 17/09/2015.



Figura 22. Emergencia en cultivo de maíz.

Posteriormente se realizó el sorteo de los diferentes tratamientos en bloques al azar quedando la distribución de la siguiente forma (Cuadro 3).

Cuadro 3. Distribución bloques completos al azar de los diferentes experimentos.

Experimento de sorgo				Experimento de maíz				Experimento de frijol			
B1	T1	T4	T5	B1	T3	T5	T1	B1	T1	T3	T6
	T6	T3	T2		T2	T4	T6		T2	T5	T4
B2	T5	T2	T6	B2	T4	T2	T6	B2	T5	T4	T1
	T1	T4	T3		T5	T3	T1		T6	T2	T3
B3	T6	T5	T1	B3	T5	T1	T2	B3	T2	T1	T5
	T3	T2	T4		T3	T6	T4		T3	T4	T6
B4	T4	T3	T5	B4	T6	T4	T3	B4	T3	T6	T2
	T2	T6	T1		T1	T2	T5		T4	T1	T5
T1 Testigo				T1 Testigo				T1 Testigo			
T2 Control manual				T2 Control manual				T2 Control manual			
T3 <i>P. hysterophorus</i>				T3 <i>P. hysterophorus</i>				T3 <i>P. hysterophorus</i>			
T4 <i>A. artemisiifolia</i>				T4 <i>A. artemisiifolia</i>				T4 <i>A. artemisiifolia</i>			
T5 2-4D amina				T5 2-4D amina				T5 Fusilade			
T6 Dicamba				T6 Dicamba				T6 Basagran			

3.2.4 Inventario de Malezas.

El registro de las clases y frecuencias de malezas presentes, se realizó en cada uno de los experimentos realizados en campo, este proceso fue indispensable para saber cuáles individuos se presentaban en un área determinada, la cantidad y el tipo de maleza de acuerdo a su biología para determinar la efectividad de las sustancias evaluadas. Para tal efecto, se utilizó un rectángulo con un área de 0.25m², el área muestreada se identificó con banderines para revisiones posteriores. Se cuantificaron las malezas presentes, realizando cuatro muestreos por unidad experimental con el fin de completar 1m² (Figura 23) siguiendo la metodología propuesta por Jürgens (1984).



Figura 23. Muestreo de 0.25 m² señalado con banderines

Posteriormente se llevó a cabo la aplicación de los tratamientos;

- T1 Testigo sin control de malezas,
- T2-Control manual (Figura 24),
- T3- Extracto de *P. hysterothorus*,
- T4- Extracto de *A. artemisiifolia*,

- T5-2-4D amina y Fomesafen y
- T6- Dicamba y Bentazón.

Las dosis aplicadas para cada uno de los extractos vegetales fueron: 500 ml al 6.5% de concentración. La dosis de los herbicidas sintéticos fue: de 2.5 ml L⁻¹ para Dicamba y Fomesafén y 5ml L⁻¹ para 2-4D y Bentazón por unidad experimental (Figura 25).



Figura 24. Control manual de malezas en maíz.



Figura 25. Aplicación de extractos y herbicidas en maíz.

Después de la aplicación se realizó una valoración visual subjetiva del daño de los herbicidas sobre la morfología de las malezas (Figura 26); a los 7, 14 y 21 días de

acuerdo a la escala de EWRS (European Weed Research Society = Sociedad Europea de Investigación en Malezas; Cuadro 4). La escala de variación de efecto fue de 1 a 9, donde 1 es muerte completa y 9 sin efecto, para las plantas malezas; mientras que para las plantas del cultivo, la escala se aplica inversamente (Silva *et al.*, 2005).

Cuadro 4. Escala propuesta por la Sociedad Europea de Investigación de Malezas (EWRS) para evaluar el control de maleza y la fitotoxicidad al cultivo por herbicidas.

Valor	Control de maleza (%)	Efecto sobre maleza	Fitotoxicidad al cultivo (%)	Efecto sobre el cultivo
1	99.0-100.0	Muerte	0.0-1.0	Sin efecto
2	96.5-99.0	Muy buen control	1.0-3.5	Síntomas muy ligeros
3	93.0-96.5	Buen control	3.5-7.0	Síntomas ligeros
4	87.5-93.0	Control suficiente	7.0-12.5	Síntomas evidentes sin efecto en rendimiento
5	80.0-87.5	Control medio	12.5-20.0	Daño medio
6	70.0-80.0	Control regular	20.0-30.0	Daño elevado
7	50.0-70.0	Control pobre	30.0-50.0	Daño muy elevado
8	1.0-50.0	Control muy pobre	50.0-99.0	Daño severo
9	0.0-1.0	Sin efecto	99.0-100.0	Muerte

Posteriormente al finalizar el ciclo de cultivo en cada experimento se obtuvieron datos de rendimiento de forraje en maíz y sorgo y rendimiento de grano en maíz y frijol (Figura 27).



Figura 26. Levantamiento de malezas a los 7, 14 y 21 días.



Figura 27. Muestro para obtener rendimiento en maíz.

3.2.5 Variables Evaluadas en Malezas

Frecuencia. Es un parámetro que se mide en porcentaje, se determina por la cantidad de muestreos en la que se encuentra una especie (n), entre el total de muestreos (m). La fórmula utilizada es:

$$f = n/m * 100$$

Dominancia: el resultado se expresa en porcentaje, está determinado por el número de individuos de una especie en cuestión (b) entre el número de individuos de todas las especies (a), se obtiene con la siguiente formula.

$$D = b/a * 100$$

El número total de individuos por especie: es la sumatoria total de individuos encontrados en los diferentes muestreos. La cantidad de individuos por metro cuadrado se obtiene realizando la sumatoria de cada uno de los muestreos de 0.25 m² por cuatro muestreos por tratamiento.

Al finalizar el ciclo de cultivo se realizó la cosecha de cada uno de los tres experimentos para evaluar el rendimiento de forraje y grano.

3.3.1 Variables Evaluadas en el Cultivo del Maíz

En el cultivo del maíz se muestreó un área de 1 m lineal obteniendo 6 plantas por unidad experimental, tomando cada una como referencia de las variables evaluadas siguientes.

Altura de planta; esta variable fue evaluada utilizando una cinta métrica para medir la longitud en cm tomando como referencia media entre el cuello de la planta y el ápice.

Rendimiento de forraje verde; Se cosecho 1 m lineal de surco, se contabilizaron las plantas disponibles, se cosecharon manualmente y se determinó peso fresco. Para obtener el rendimiento se promedió el peso por tratamiento, se realizó una regla de tres simple multiplicando los m² de la unidad experimental divididos por m² de parcela útil.

Rendimiento de grano, se pesaron los granos por planta las unidades utilizadas fueron gramos, se sumaron por repetición, y promediaron por tratamiento; para obtener el resultado se realizó una regla de tres simple multiplicando los m² de la unidad experimental divididos por m² de parcela útil, y después se calculó el rendimiento en ton/ha mediante una regla de tres simple.

Ejemplo: si en 0.8m² tenemos 500g de grano en 16m² que representan la unidad experimental cuantos gramos se tienen, el resultado es 10,000 g, este resultado lo multiplicamos por 10,000m² y lo dividimos entre 16m² y obtenemos 6,250,000 g/ha ó 6,250 kg ha⁻¹ ó 6.25 ton ha⁻¹.

$$\begin{array}{ll} 0.8\text{m}^2\text{-----}500 \text{ g} & 16\text{m}^2\text{-----}10,000\text{g} \\ 16\text{m}^2\text{-----}10,000 \text{ g} & 10,000\text{m}^2\text{-----}x? \text{ 6,250,000 g} \end{array}$$

$$6,250,000 \text{ g} / 1000 \text{ g} = 6,250 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ó } 6.25 \text{ ton ha}^{-1}$$

Nota: los 0.8m² representan el metro lineal muestreado

Los 16m² representan la unidad experimental

3.3.2 Variables Evaluadas en Cultivo de Frijol

En el cultivo del frijol se muestreó un área de 1 m lineal obteniendo 10 plantas por unidad experimental, tomando cada una como referencia para las variables evaluadas siguientes:

Longitud de guía, esta variable se midió en centímetros utilizando una cinta métrica para medir las plantas cosechadas de 1 m lineal, tomado como referencia la distancia entre el cuello de la planta y la parte terminal de la guía principal.

Granos normales por tratamiento, se contabilizaron los granos por cada vaina en cinco plantas, se sumaron por repetición y se promedió por tratamiento.

Rendimiento de grano, se realizó el pesaje en gramos de los granos por planta se sumaron por repetición, y promediaron por tratamiento, para obtener el resultado se realizó una regla de tres simple multiplicando los m^2 de la unidad experimental divididos por m^2 de parcela útil, también se cuantifico siguiendo el mismo procedimiento para sacar el rendimiento por hectárea.

3.3.3 Variables Evaluadas en Cultivo de Sorgo

En el cultivo del sorgo se muestreó un área de 2 m lineales obteniendo aproximadamente 20 plantas por unidad experimental, tomando cada una como referencia para las variables evaluadas siguientes:

Altura de planta, se utilizó una cinta métrica para medir longitud en centímetros entre el cuello de la planta y el ápice de la espiga.

Rendimiento de forraje verde. De los 2m lineales se contabilizaron las plantas disponibles, se cosecharon manualmente y se determinó peso fresco en gramos. Para obtener el rendimiento por unidad experimental, se realizó una regla de tres simple multiplicando los m^2 de la unidad experimental divididos por m^2 de parcela útil. Al final se hizo otra regla de tres simple para calcular el rendimiento en $ton\ ha^{-1}$

3.4 Diseño experimental

El análisis estadístico del efecto de los seis tratamientos se realizó por separado en cada especie cultivada. El diseño experimental utilizado fue de un factorial distribuido en bloques completos al azar con 6 tratamientos y 4 repeticiones.

El tamaño total de la unidad experimental fue de 16 m², constando de 4 surcos con longitud de 5 m, espaciados a 0.80 m. Se consideró como parcela útil los dos surcos centrales eliminando un metro de cada extremo.

Para el análisis estadístico de la información se utilizó el paquete SPSS; se realizaron análisis de varianza para cada variable evaluada; en los casos donde se presentó significancia entre efectos de tratamientos, se procedió a efectuar comparación de promedios por el método Tukey ($p \leq 0.05$).

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados Etapa 1

4.1.1 Estimación de Material Vegetal para Extracción de Metabolitos Secundarios

De acuerdo a la preparación de la muestra antes de realizar la extracción de metabolitos secundarios, se registró el peso fresco y el peso seco utilizando una báscula analítica, obteniendo los datos descritos en el Cuadro 5. En este cuadro se señala la cantidad de kg obtenidos de las malezas recolectadas.

Cuadro 5. Peso en kg de las malezas *Parthenium hysterophorus* L. y *Ambrosia artemisiifolia* L. colectadas en Marín, N.L.

Maleza	Peso fresco kg	Peso seco kg
<i>P. hysterophorus</i> L.	2.5	0.322
<i>A. artemisiifolia</i> L.	2.5	0.338

4.1.2 Evaluación del Método de Extracción utilizado por medio de la técnica de Folin-Ciocalteu.

Se realizó un análisis de varianza (Cuadro 6) utilizando el paquete estadístico SPSS, para evaluar los métodos de extracción de polifenoles totales en las dos especies utilizadas; en el cual se observa que la cantidad de compuestos fenólicos en cada una no presentó diferencia significativa.

Cuadro 6. Análisis de varianza en la evaluación de los métodos de extracción.

Origen	Suma de cuadrados tipo III	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	139670.197 ^a	7	19952.885	27.900	.000
Intersección	656416.373	1	656416.373	917.867	.000
Planta	171.682	1	171.682	.240	.631
Método	2694.732	1	2694.732	3.768	.070
Solvente	113018.513	1	113018.513	158.034	.000
Planta * Método	14572.589	1	14572.589	20.377	.000
Planta * Solvente	1372.443	1	1372.443	1.919	.185
Método * Solvente	7823.954	1	7823.954	10.940	.004
Planta * Método * Solvente	16.286	1	16.286	.023	.882
Error	11442.471	16	715.154		
Total	807529.041	24			
Total corregida	151112.668	23			

a. R cuadrado = .924 (R cuadrado corregida = .891)

Variable dependiente: Repetición

Sin embargo, la interacción entre los métodos de extracción y tipo de solvente mostraron una diferencia significativa; por lo tanto se procedió a realizar una comparación de promedios por el método Tukey para la interacción de planta-método (Cuadro 7), y método-solvente (Cuadro 8), obteniendo los siguientes resultados.

Cuadro 7 Interacción planta-método de extracción de polifenoles totales en malezas, *Parthenium hysterophorus* L y *Ambrosia artemisiifolia* L.

Tipo de método	<i>P. hysterophorus</i> L. (ppm equivalentes de ácido gálico)	<i>A. artemisiifolia</i> L. (ppm equivalentes de ácido gálico)
Sonicación	182.10 a	127.468 b
Solido-líquido	154.01 a	197.94 a

Letras diferentes en columna indican diferencia significativa

Para la maleza *P. hysterophorus* L. los métodos de extracción no mostraron diferencia significativa, lo que indica, que ambos métodos son iguales para la obtención de los extractos y que por lo tanto se debe utilizar el mas económico.

En cuestión a *A. artemisiifolia* el mejor método es solido-liquido, ya que presentó una cantidad significativamente mayor de polifenoles totales extraídos comparados con el método de sonicación.

Martínez (2010), refiere que dependiendo del método de extracción y el solvente que se utilice, no es posible realizar una extracción completa ya que algunos polifenoles quedaran en los residuos de la extracción. Además mencionó que la extracción de polifenoles depende del método de extracción empleado, el tamaño de partículas de la muestra y la polaridad del solvente.

Price *et al*; (2008) refirieron que la extracción de estos compuestos presenta variación en el rendimiento dependiendo del tiempo de extracción utilizado.

Según Ju y Howard, (2003) mencionaron que de acuerdo al tipo de polifenol que se desee extraer es la temperatura a utilizar, la cual varía de (temperatura ambiente a 90°C) como es el caso de la extracción de taninos hidrolizados.

Por otra parte Vivanco *et al*; (2005) refirieron que el grado de producción de metabolitos secundarios depende de el estrés al que se encuentre sometida la planta, lo cual generara una menor o mayor producción de estos compuestos durante su vida y generalmente son utilizados como mecanismos de defensa.

De acuerdo a estos resultados se puede observar que la hipótesis planteada solo se cumple para la especie *A. artemisiifolia* existiendo una diferenciaa significativa en la extracción de metabolitos secundarios; estos resultados se deben probablemente debido a la temperatura empleada en cada técnica de extracción; en el método sólido-líquido se empleó una temperatura de 60°C durante el proceso, diferente al método ultrasónico donde el proceso se realizó a temperatura ambiente. Otro factor importante es la especie vegetal, una extraccion mayor o menor de compuestos bioactivos puede depender de las condiciones ambientales e interacciones con diferentes organismos durante el ciclo de vida de la planta.

La comparación de medias en la interacción método-solvente, tanto en *P. hystrophorus* como en *A. artemisiifolia* presentaron una mayor extracción al utilizar solvente etanólico.

Cuadro 8 Interacción método-solvente de extracción de polifenoles totales en maleza, *P. hystrophorus* L y *A. artemisiifolia* L.

Solvente	Método de extracción	Especie Vegetal	
		<i>P. hystrophorus</i> L.	<i>A. artemisiifolia</i> L.
Acuoso	Sólido-líquido	60.60 b	118.00 b
	Sonicación	123.15 b	85.29 b
Etanólico	Sólido-líquido	247.43 a	277.88 a
	Sonicación	241.05 a	169.65 a

Letras diferentes en columna indican diferencia significativa

Se puede observar que la comparación de medias para la interacción método-solvente es altamente significativa en cada uno de los extractos evaluados. Por lo tanto la hipótesis planteada se acepta por la diferencia en el contenido de polifenoles totales extraídos utilizando solvente etanólico en comparación con el solvente acuoso. Esto coincide con investigaciones realizadas por Castro y Laredo (2003), quienes mencionaron que una mayor extracción de sólidos totales y compuestos fenólicos en corteza de ocho especies de pino utilizando la técnica de maceración solvente etanólico, se debe a las polaridades de los solventes provocan un mayor o menor arrastre de compuestos bioactivos independientemente del método de extracción evaluado.

Rojas y Gabriela (2011) observaron que el método de extracción sólido-líquido con solvente etanólico y acuoso, extrajo una mayor cantidad de polifenoles totales; refieren que este método no es muy selectivo en cuanto a los compuestos extraídos, pero es uno de los mas utilizados en la actualidad para la extracción de polifenoles totales en plantas y frutos; además mencionaron que dependiendo del compuesto que se desea extraer es el solvente a utilizar.

Estudios realizados por Sharapin (2000), refieren que la utilización de diversas técnicas de extracción en frío o calor utilizadas a través del tiempo, permiten una mayor o menor extracción utilizando diversos solventes. Por otra parte, Granados (2012) mencionó mayor extracción de compuestos bioactivos en la especie *A. artemisiifolia* al utilizar solventes etanólicos en comparación con solventes acuosos; refiere además que esta especie tiene efectos insecticidas.

Por lo tanto, de acuerdo a los resultados anteriores, se tomó la decisión de utilizar el método de extracción sólido-líquido con solvente etanólico para obtener el producto en volumen de cada especie vegetal utilizada y formular las concentraciones a aplicar en bioensayos de germinación, aspersión foliar y campo.

Después de obtener el extracto en volumen, se realizó una evaporación del solvente utilizando un rotavapor Heidolph G1, En el cuadro 9 se observa que al evaporar 500 ml de cada uno de los extractos, existe una diferencia de 3 gramos crudos recuperados, entre los dos tipos de malezas utilizadas. La mayor recuperación fue para *P. hysterophorus* (10 g) comparada con *A. artemisiifolia* (7 g). Cabe mencionar que para concentrar los extractos al 10 y 7 % respectivamente fue necesario agregar etanol hasta completar 100ml. Este procedimiento se realizó para obtener la cantidad de extracto necesario para los bioensayos y aplicaciones en campo.

Cuadro 9 Obtención de gramos de extracto crudo y preparación de la muestra para las aplicaciones en los bioensayos y campo.

Extracto	Cantidad de extracto ml	Gramos recuperados	Etanol ml	Concentración %	Volumen total ml
<i>P. hysterophorus</i>	500	10	90	10	100
<i>A. artemisiifolia</i>	500	7	93	7	100

Posteriormente, en base a una concentración conocida del extracto, se realizaron los cálculos correspondientes utilizando la formula $C1V1 = C2V2$, para obtener concentraciones al 1.5%, 3.5% y 6.5%. Estas concentraciones fueron establecidas debido a la alta variación entre los artículos revisados en relación a las dosis aplicadas a partir de extractos vegetales. Ávila *et al*; 2007 mencionaron que extractos etanólicos de eucalipto concentrados a 7000 ppm inhibieron el crecimiento en frijol, maíz y arroz al igual que fracciones de hexano a 500 ppm mientras que la misma fracción utilizando metanol no presento diferencia significativa.

Por otra parte un rango de 0.5 al 20 % de concentración de extractos etéreos de *Capsicum pubescens*, afectaron la germinación de *Amaranthus hybridus* en un 98% utilizando el 5 % de concentración, mientras que la inhibición de la germinación en la maleza *Lactana sativa* fue afectada a partir del 10 % de concentración presentando el mayor efecto inhibitorio con un 20% de concentración (García-Mateos *et al*; 2013).

El Cuadro 10, presenta los cálculos de las soluciones utilizadas para la elaboración de las concentraciones de los extractos de cada una de las malezas del ensayo. Por ejemplo, si se necesitan 50 ml de extracto concentrado al 6.5%, a partir de una solución madre la cual está concentrada al 11%, es necesario aplicar una

cantidad de extracto de 29.50 ml más 20.50 ml de etanol, que serán agregados por diferencia para completar 50 ml concentrados al 6.5%.

Cuadro 10 Preparación de os extractos en base a la concentración deseada y la solución madre utilizada.

Extracto	Concentración requerida (%)	Solución madre (%)	Volumen de extracto (ml)	Etanol al 70% (ml)	Volumen total (ml)
<i>A. artemisiifolia</i> L	6.5	11	29.50	20.50	50
	3.5	11	15.90	34.10	50
	1.5	11	6.80	43.20	50
	6.5	6.5	60.00	0.00	60
<i>P. hysterophorus</i> L	3.5	6.5	32.30	27.70	60
	1.5	6.5	13.85	46.15	60

C1= 11%

V1 = .?

C2 =6.5%

V2= 50ml

$$\begin{aligned}
 C1V1 &= C2V2 \\
 V1 &= C2V2/C1 \\
 V1 &= (6.5\%)(50\text{ml})/11\% \\
 V1 &= 29.50
 \end{aligned}$$

Entonces: 50ml -29.50=20.50 ml de etanol que se agregaran para obtener 50 ml concentrados al 6.5%

4.2 Determinación de Flavonoides Totales

La detección de flavonoides se analizó debido a que es uno de los grupos más abundantes de polifenoles en el metabolismo vegetal. Su presencia y liberación al ambiente en forma natural puede ocasionar letargo en la germinación de diferentes especies. La Figura 28 representa la cantidad de flavonoides totales contenida en cada uno de los extractos; utiliza como estándar la quercetina expresada en mg L⁻¹, obteniendo una cantidad mayor de flavonoides en el extracto de *A. artemisiifolia*., respecto al extracto de *P. hysterophorus*. Esta variación entre extractos vegetales según investigaciones de Criollo-Maldonado (2015), se debe a la actividad

antioxidante de los flavonoides y a las propiedades farmacológicas de la especie *A. artemisiifolia*.

Por otra parte, Saltos y Beatriz (2008) mencionaron que la cantidad de flavonoides en una especie determinada depende de la edad de la planta; ellos identificaron diversos compuestos fenólicos, atribuyendo a flavonoides un grado de citotoxicidad, procedentes del género *Ambrosia especie arborescens*, encontrando presencia de dos tipos de flavonoides; 3',4', 5,7-tetrahydroxy-3, 6,8- trimethoxy flavone y limocitrin, estos compuestos están ligados a resistencia de la planta a la fotoxidación y defensa contra el herbivorismo.

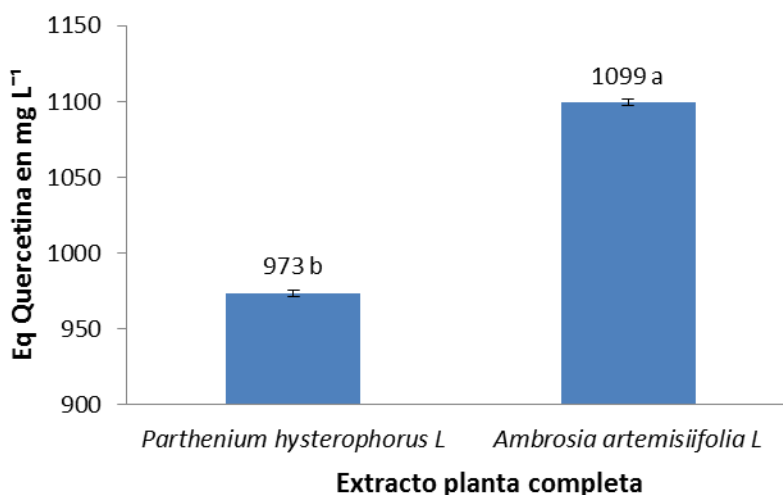


Figura 28. Contenido de flavonoides en extracto etanólico de *P. hysterophorus* y *A. artemisiifolia*.

4.3 Taninos Condensados

Debido al papel que juegan los taninos en las plantas como medio de defensa y su posible actividad alelopática, se procedió a realizar su detección en los extractos evaluados. El ANVA presentó una diferencia estadística significativa donde el

extracto de *P. hysterophorus* resultó con una menor cantidad en el contenido de estos compuestos respecto al extracto de *A. artemisiifolia* (Figura 29). Posiblemente esta variación se debe a las condiciones de estrés de la planta durante su desarrollo, y al área donde se haya generado su crecimiento. Esta afirmación se hace debido a que el área de colecta de la especie *A. artemisiifolia* fue a orillas de caminos, y probablemente animales de pastoreo ocasionaron algún tipo de daño en la especie, por lo cual su contenido de taninos presenta una cantidad mayor comparada con *P. hysterophorus* la cual fue recolectada en agroecosistemas donde generalmente se cultiva maíz, avena y trigo.

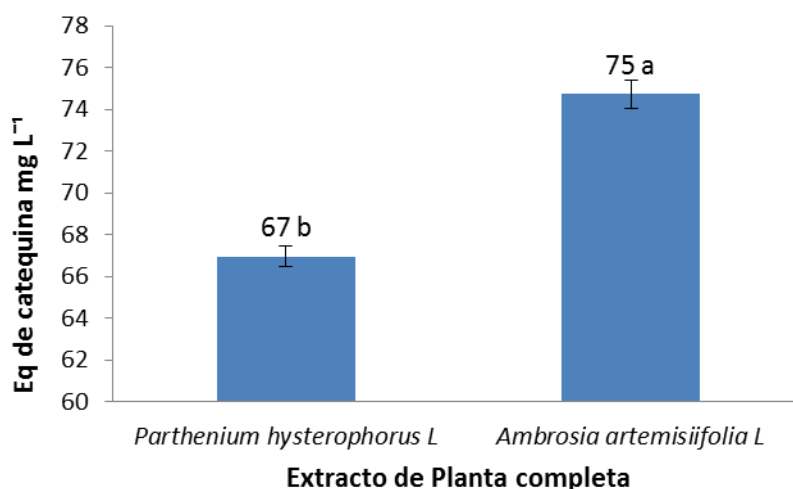


Figura 29. Contenido de taninos condensados en extracto de *P. hysterophorus* y *A. artemisiifolia*.

La variación en el contenido de taninos coincide con lo reportado por Muñoz y Gutiérrez (2007) quienes mencionaron que la cantidad de taninos condensados en diferentes especies de malezas y plantas cultivadas utilizadas para el suministro de dietas de animales, depende de la especie vegetal, de su etapa fenológica y de las condiciones de estrés, mencionan que uno de los factores de acumulación de taninos

es la depredación. Gutiérrez *et al.* (2010) observaron que la variación en el contenido de taninos depende del tipo de tejido y cambios bruscos de temperatura en las que se genere el desarrollo de la planta. De igual manera Escobar Montañez (2012), mencionaron que en las evaluaciones de especies vegetales sometidas a la depredación por herbívoros presentaron una cantidad mayor de taninos debido que las células tratan de proteger a la planta de la depredación, produciendo una mayor cantidad que provoque un estado de rechazo en el animal.

4.4 Capacidad Antioxidante

La determinación de la actividad antioxidante se evaluó en los extractos de *P. hysterophorus* y *A. artemisiifolia* por medio del radical libre 1,1-difenil-2-picril-hidrazilo (DPPH) obteniendo una mayor capacidad antioxidante en el extracto de *A. artemisiifolia*, la cual puede estar influenciada por su contenido de flavonoides y taninos (Figura 30).

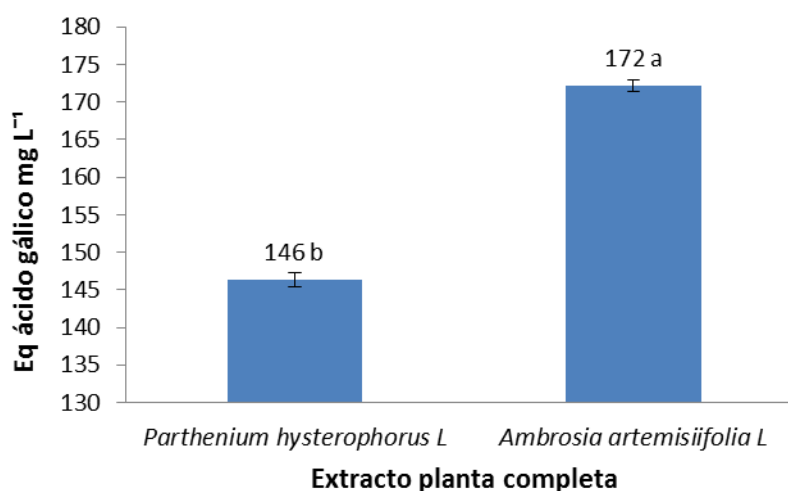


Figura 30. Capacidad antioxidante en extracto de *P. hysterophorus* y *A. artemisiifolia*.

Investigaciones realizadas por Cardenas-Sandoval *et al.* (2012) encontraron que los compuestos fenólicos actúan como antioxidantes al activar sus mecanismos de defensa en las plantas ayudándola a eliminar especies reactivas de oxígeno, mencionando también que la acumulación de estos compuestos antioxidantes varía dependiendo de la especie vegetal y factores adversos a los que ésta se enfrente.

Ojito *et al.* (2012) observaron un mayor poder reductor en extractos hidroalcohólicos de hojas de *Citrus spp.*, debido a la cantidad de compuestos fenólicos encontrados en la especie, los cuales presentaron una relación lineal con la capacidad antioxidante, refieren también que a mayor concentración de flavonoides totales su poder reductor se incrementa.

4.5 Pruebas de Germinación

Las pruebas de germinación en las cinco especies vegetales, utilizando como sustrato papel secante, proyectaron una germinación del 90% en las especies comerciales (Cuadro 11) mientras que las semillas de malezas presentaron un porcentaje menor comparado con las especies cultivadas; la maleza *X. strumarium* obtuvo un 80% de germinación y *H. annuus* solo 2.5%.

Cuadro 11 Porcentaje de germinación de las cinco especies vegetales estudiadas

Especie vegetal	Cantidad de semillas x muestra	Semillas Germinadas			% germinación
		Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	
Maíz (Blanco Hualahuises)	100	92	94	96	94
Sorgo (Kingold 870 Asgrow)	100	90	88	92	90
Fríjol (Pinto Saltillo)	100	92	94	91	92
<i>Chayotillo (X.strumarium)</i>	40	30	36	32	80
<i>Girasol (H. annuus)</i>	40	2	1	0	2.5

Según García y Villamil (2001) existen diversos factores que pueden influenciar en la germinación de cualquier tipo de semilla, destacando la viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas, por lo general, semillas; que han sido domesticadas por el hombre germinan al brindarles las condiciones climáticas adecuadas; sin embargo, en las especies de malezas los factores que más afectan la germinación son: latencia, dormancia, germinación escalonada y condiciones ambientales, lo cual ocasiona su inactividad; esta inactividad se observó principalmente en semillas de *H. annuus* respecto a las especies evaluadas.

Debido a los resultados obtenidos en la prueba de germinación con papel secante en la especie *H. annuus*, se seleccionaron del mismo lote 600 semillas y se realizó la siembra en charolas de propagación, utilizando sustrato peat moss. Con este procedimiento se obtuvo un 79.5 % de germinación (Cuadro 11), lo cual indica que el sustrato genera un ambiente propicio para que estas semillas puedan desarrollarse, además existen algunas especies que necesitan de condiciones

anaerobicas para poder germinar, presentando una germinación escalonada que les brinda protección y ayuda para seguir evolucionando en diversos ecosistemas.

Cuadro 12. Germinación de *H. annuus* en condiciones de siembra en sustrato peat moss.

Especie vegetal	Semillas Germinadas				% Germinación
	Cantidad de semillas	Charola 1	Charola 2	Charola 3	
<i>H. annuus</i>	600	152	200	125	79.5

Esto coincide con Khalifa *et al.* (2000) quienes reportaron una dependencia en la germinación de esta especie a las condiciones ambientales en las que se desarrolla, siendo un factor importante la temperatura, debido a que el intervalo de germinación puede variar desde 8°C a mas de 40°, dependiendo de las condiciones climáticas donde la planta haya completado su ciclo de vida. Otros factores importantes son variabilidad genética e inhibición de la germinación, esta última es causada por temperaturas en el suelo mayores a los 35°

4.5.1 Bioensayos de Germinación

Se realizaron pruebas de germinación aplicando los extractos de *P. hysterophorus* y *A. artemisiifolia* en concentraciones de 1.5%, 3.5%, 6.5% sobre cinco especies vegetales; dos especies de malezas comunes en el área de Marín N.L: *H. annuus* y *Xanthium strumarium* y tres especies comerciales: *Zea mays* L.,

variedad blanco hualahuises, *Sorghum bicolor* L. Moench, variedad Kingold 870 Asgrow, *Phaseolus vulgaris* L., variedad pinto saltillo.

Los resultados mostraron un 100% de inhibición a los 7 días después de la siembra con la utilización de las diferentes concentraciones en comparación con el testigo (Cuadro 12); el cual presentó una germinación en maíz de un 93%, sorgo y frijol 82%, y las malezas 1.7%. Se hizo un seguimiento a los 14 y 21 días después de la siembra, para verificar el resultado y no se presentó variación alguna con lo reportado a los 7 días.

Cuadro 13. Semillas germinadas por tratamiento y porcentaje de germinación utilizando extractos de *P. hystrophorus* y *A. artemisiifolia*

Especie vegetal	Repeticiones	Tratamientos						
		T1 P.h. 6.5	T2 P.h. 3.5	T3 P.h. 1.5	T4 A.a. 6.5	T5 A.a. 3.5	T6 A.a. 1.5	T7 A.d.
<i>Zea Mays</i> Bco. hualahuises	1	0	0	0	0	0	0	19
	2	0	0	0	0	0	0	19
	3	0	0	0	0	0	0	18
<i>Sorghum bicolor</i> Kingold 870	1	0	0	0	0	0	0	17
	2	0	0	0	0	0	0	15
	3	0	0	0	0	0	0	17
<i>Phaseolus vulgaris</i> Pinto saltillo	1	0	0	0	0	0	0	17
	2	0	0	0	0	0	0	16
	3	0	0	0	0	0	0	16
<i>H. annuus</i>	1	0	0	0	0	0	0	1
	2	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	0
<i>Xanthium</i> <i>strumarium</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0	1

De acuerdo a los resultados de los bioensayos de germinación en las cinco especies vegetales evaluadas utilizando diferentes concentraciones, se acepta la

hipótesis planteada. Debido a que la inhibición en la germinación fue total en comparación con el tratamiento testigo.

Esto es parecido a lo reportado por Murillo y Reyes (2003) quienes observaron que el extracto de *Ambrosia absinthium*, influyó en la diferencia de velocidad de germinación en especies de malezas.

En el caso del extracto de *Parthenium hysterophorus*, se coincide con Parvez (2014) quien encontró que metabolitos contenidos en esta planta inhiben la germinación y el crecimiento radical en diferentes especies de malezas. En las observaciones realizadas por estos dos investigadores si se presentó una germinación pero fue más lenta que el tratamiento testigo.

Kaur (2010) mencionó que diferentes metabolitos contenidos en extracto de *Parthenium hysterophorus* inhiben la germinación y el crecimiento radical en diferentes especies monocotiledóneas y dicotiledóneas.

Swaminathan *et al.* (1990), informaron que lixiviados de hojas, tallos y flores de *P. hysterophorus* inhibe germinación en especies arbóreas y herbáceas, no encontraron afectación en la germinación del sorgo solo un crecimiento radical más lento, lo cual puede deberse a que esta especie presenta actividad alelopática.

Según Rojas y Gámez (2002), extractos de *P. hysterophorus* presentan sustancias activas como terpelactonas, eugarzadona y parthenina que al ser absorbidas por la raíz de la planta receptora se distribuyen en forma sistémica, afectando la respiración principalmente en el cultivo del frijol, lo cual provoca inhibición en su germinación.

Nota: En cuestión a este bioensayo no se realizó análisis estadístico debido a la inhibición total de la germinación de acuerdo a las concentraciones utilizadas.

4.6 Bioensayos de Aspersión Foliar

En los bioensayos de aspersión foliar se observó una diferencia significativa en el análisis de varianza en los tres experimentos, por lo tanto se realizó una comparación de promedios por el método (Tukey $p \leq 0.05$) utilizando contrastes ortogonales, para obtener una mejor visualización en los incrementos de altura de cada planta estudiada. En el Cuadro 13, se presentan los contrastes ortogonales evaluados en los análisis realizados en cada experimento.

Cuadro 14. Contrastes ortogonales, para comparar el promedio entre tratamientos en base a la altura de cinco especies vegetales, a los 8 días DDA de extractos de *Parthenium hysterophorus* L y *Ambrosia artemisiifolia* L.

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
C1	1	1	1	1	1	1	-6
C2	1	1	1	-1	-1	-1	0
C3	1	0	-1	0	0	0	0
C4	-1	2	-1	0	0	0	0
C5	0	0	0	1	0	-1	0
C6	0	0	0	-1	2	-1	0

Dónde: C, contraste, T, tratamiento

C1 Ho: $t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 - t_7 = 0$ vs Ha: $t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 - t_7 \neq 0$

C2 Ho: $t_1 + t_2 + t_3 - t_4 - t_5 - t_6 = 0$ vs Ha: $t_1 + t_2 + t_3 - t_4 - t_5 - t_6 \neq 0$

C3 Ho: $t_1 - t_3 = 0$ vs Ha: $t_1 - t_3 \neq 0$

C4 Ho: $-t_1 + t_2 - t_3 = 0$ vs Ha: $-t_1 + t_2 - t_3 \neq 0$

C5 Ho: $t_4 - t_6 = 0$ vs Ha: $t_4 - t_6 \neq 0$

C6 Ho: $-t_4 + t_5 - t_6 = 0$ vs Ha: $-t_4 + t_5 - t_6 \neq 0$

DDA: Días después de aplicación

A continuación se discuten los resultados de la comparación de los contrastes mas representativos debido a su altamente significancia, en cada uno de los tres experimentos.

4.6.1 Contraste 1 y 2 en Especies Cultivadas

La evaluación de promedios en este **contraste (C1)** en especies cultivadas mostraron diferencia significativa en los tres bioensayos de aspersión foliar. En la Figura 31 se observa la comparación del promedio del tratamiento testigo respecto al promedio de los tratamientos en las especies comerciales evaluadas.

En esta figura, los testigos en cada cultivo presentaron una altura mayor en relación a los tratamientos donde se aplicaron los extractos de *P. hystrophorus* y *A. artemisiifolia*, Esto indica que los extractos tuvieron un efecto inhibitorio en diversos grados sobre la especie comercial. Las especies cultivadas *P. vulgaris* y *Z. mays* presentaron una reducción promedio de 28.5 % mientras que para *S. bicolor* el crecimiento solo se afectó un 19%, probablemente porque esta especie es considerada alelopática por su alto contenido de sorgoleone, una p-benzoquinona liberada al ambiente por volatilización y lixiviación lo cual le confiere algun tipo de resistencia ante la aplicación de cada uno de los extractos (Blanco, 2006).

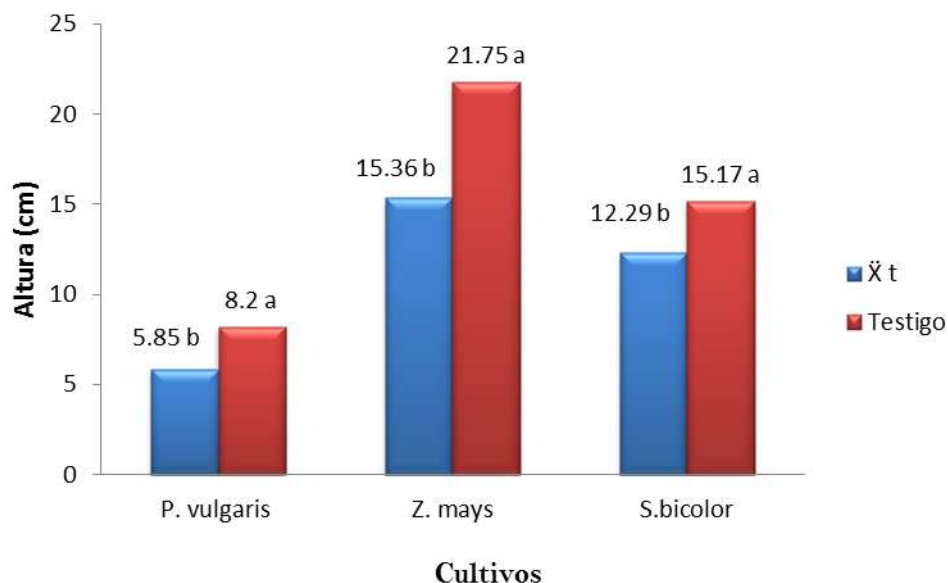


Figura 31. Comparación de altura promedio en tratamiento testigo contra promedios de tratamientos en los tres experimentos.

Acciaresi y Asenjo (2003) evaluaron la actividad alelopática de residuos radicales de sorgo sobre la especie de *Triticum aestivum* L. observaron una reducción radicular del 30% y efectos sobre el crecimiento y la parte aérea del cultivo. Ellos mencionaron que una de las principales vías de liberación de metabolitos secundarios se da a través del sistema radicular inhibiendo el crecimiento de plantas aledañas y su contenido varía entre localidades.

Gonzalez *et al.* (2008), evaluaron extractos de hojas, tallo y raíz del *Sorgo bicolor* variedad ISIAP Dorado comprobando su actividad alelopática ante plantas como *Lycopersicon esculento* que presentó una estimulación en su crecimiento, mientras que *Lactuca sativa* se observó una inhibición del crecimiento tanto radicular como aéreo. También refieren que el *Sorghum bicolor* obtuvo un efecto autotóxico

con la utilización de extractos radicales, por lo tanto concluyeron que el efecto fitotóxico, inhibitorio o estimulante depende de la especie receptora.

Según Kim (1992) extractos acuosos de tallo de *Sorghum vulgare Pers.*, presentaron inhibición en las malezas *Echinochloa colona* y *Rottboellia cochinchinensis*; así como inhibición en la germinación, longitud de hojas y raíz de especies cultivadas como rábano y trigo. Mencionó que al realizar la separación de compuestos por medio de cromatografía, se identificaron principalmente ácidos, a los cuales atribuye la actividad inhibitoria de esta especie.

Por otra parte, estudios realizados por Roth *et al.*, (2000) sobre extractos etanólicos de la especie cultivada *Sorghum bicolor*, inhibieron el crecimiento de diferentes malezas, presentando una mayor susceptibilidad *Amaranthus retroflexus* y *Echinochloa crus-gali*.

El **Contraste 2 (C2)**, es una comparación entre el promedio de los tratamientos de los dos extractos en cada especie comercial; en la Figura 32 se observa una diferencia significativa en cada una de las especies comerciales; en el caso de *P. vulgaris* y *S. bicolor* el extracto que presentó un mayor efecto inhibitorio fue el de *A. artemisiifolia*. Contrariamente en la especie *Z. mays* se observó un incremento en la altura. La inhibición y/o estimulación en el desarrollo de la plantas es variable de acuerdo a la especie receptora; en el maíz se observó una tendencia mayor en altura con el extracto *A. artemisiifolia*, aunque no mostró una diferencia significativa.

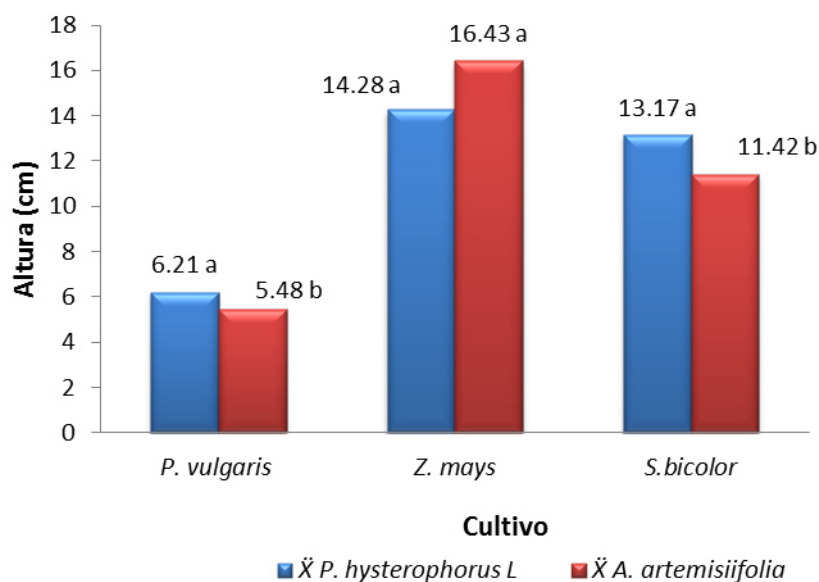


Figura 32. Comparacion entre extractos en las tres especies comerciales

Blanco (2006) mencionó que el efecto tóxico o estimulante de la acción de un extracto depende de la especie receptora.

Rodríguez y Hecheverria (2004) investigaron extractos acuosos de plantas de *Aloe vera* y *Sauce*, utilizaron una combinación de órganos de cada planta en diferentes tratamientos, mencionaron que el gel de *Aloe* presentó un efecto estimulante en especies medicinales, mientras que extractos combinados con corteza y raíz de esta planta provocaron una inhibición en su crecimiento. Esto se debe a que las plantas acumulan una cantidad diferente de metabolitos secundarios en cada uno de sus órganos lo cual depende de las condiciones de estrés durante su ciclo de vida.

De igual forma, estudios realizados por Laynez-Garsabalt y Méndez-Natera (2006) en extractos de *Cyperus rotundus* aplicados sobre la variedad de maíz Pioneer

3031, refieren que utilizar concentraciones bajas (0.5 % y 1.0 %) de concentración estimulan la germinación y el crecimiento de la planta mientras que dosis altas (1.5 % y 2.0 %) provocaron una inhibición en la germinación en el desarrollo de la planta.

4.6.2. Contraste 1, 2, 3, 4 en Especies Malezas

La comparación de promedios en el **contraste 1** en especies de malezas presentó una diferencia significativa en la especie *H. annuus*; el crecimiento se afectó en los experimentos de *Z. mays* y *S. bicolor* (Figura 33) en la cual se observó una diferencia altamente significativa con una altura menor en el promedio de los tratamientos respecto al testigo. En la maleza *X. strumarium* no se presentó diferencia significativa en ninguno de los tres experimentos.

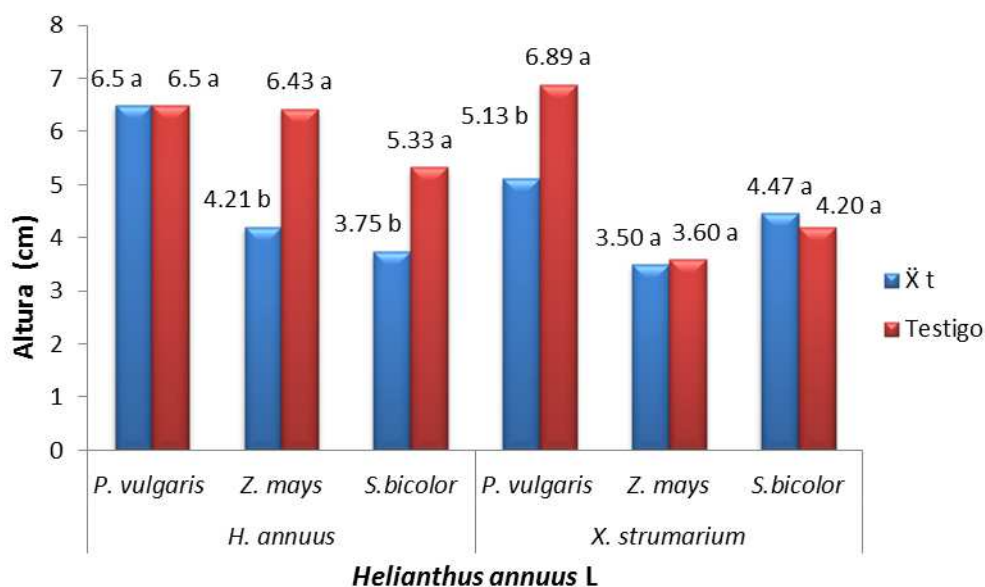


Figura 33. Comparación de promedio de testigo contra promedio de tratamientos en los tres experimentos.

Respecto a la comparación realizada en el Contraste 2, se observa (Figura 34) una diferencia significativa en *H. annuus*, presentando una altura menor con el

extracto de *A. artemisiifolia*, mientras que para la maleza *X. strumarium* no se observó diferencia significativa.

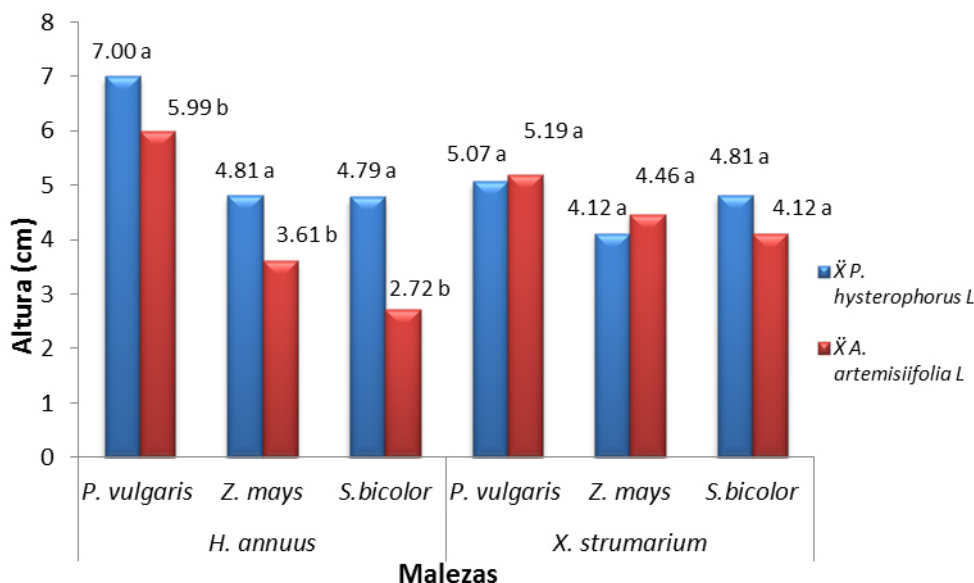


Figura 34. Comparación de extractos sobre malezas en los 3 experimentos.

El Contraste 3 compara el promedio del tratamiento 1 y tratamiento 3 en aplicaciones con extracto de *P. hystrophorus*, sobre las dos malezas asperjadas con este producto. Para la maleza *H. annuus*, se observa diferencia significativa en el experimento de *Z. mays*, registrando una inhibición en altura a medida que aumenta la concentración. Con respecto, a los experimentos de *P. vulgaris* y *S. bicolor* no se mostraron diferencias significativas. En la maleza *X. strumarium* para este mismo contraste no se observó diferencia significativa en los tres experimentos en la (Figura 35 y 36).

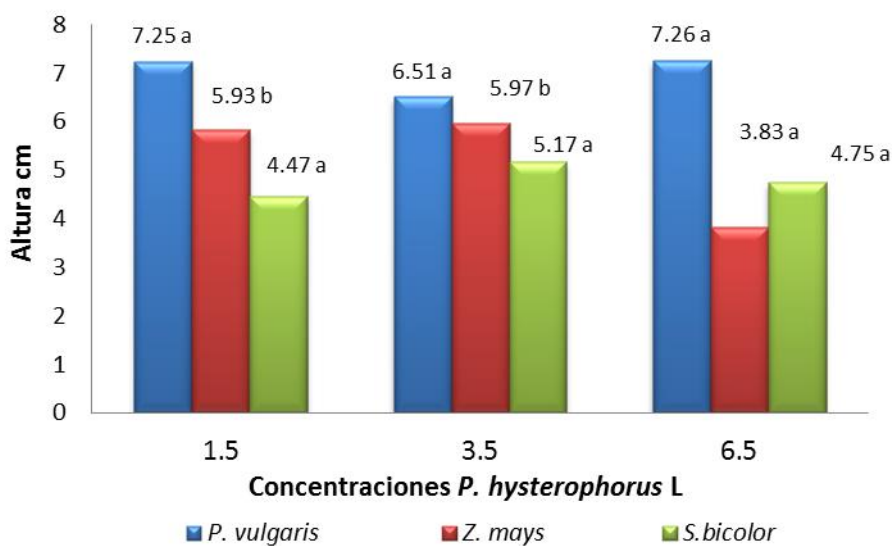


Figura 35. Comparación del Contraste 3 en *H. annuus* L.

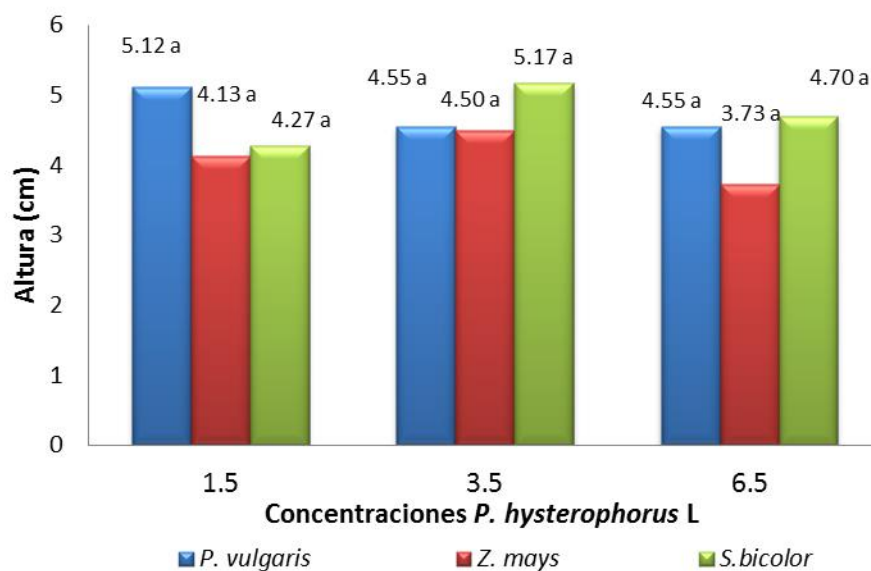


Figura 36. Comparación del Contraste 3 en *X. strumarium* L.

El Contraste 5 compara el tratamiento 4 contra el tratamiento 6 de **A. artemisiifolia**; en este análisis la maleza *H. annuus* mostró una diferencia altamente significativa, registrando una tendencia a disminuir la altura a medida que la

concentración aumenta. La maleza *X. strumarium* no presentó diferencia significativa para esta variable en ninguno de los tres experimentos (Figura 37 y 38).

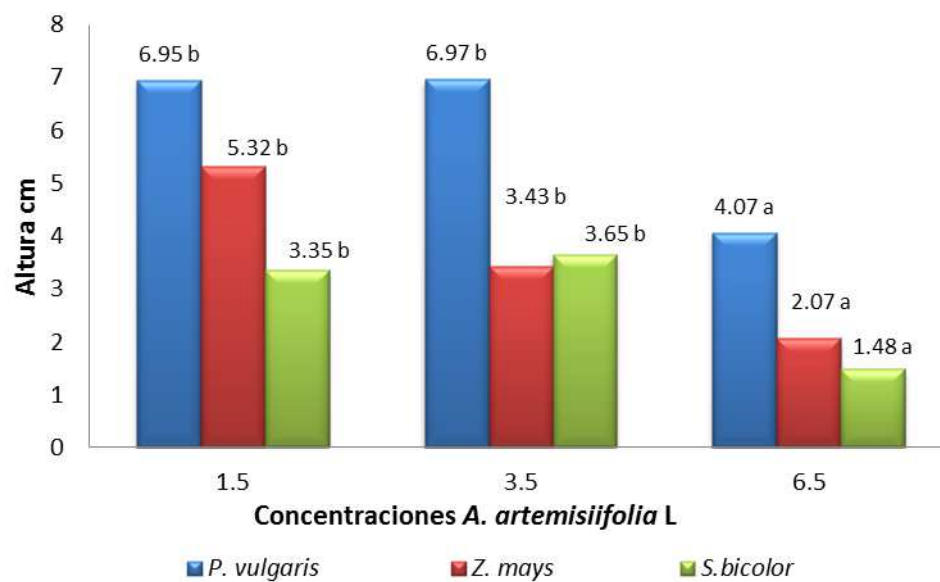


Figura 37. Comparación de contraste 5 en *H. annuus* L.

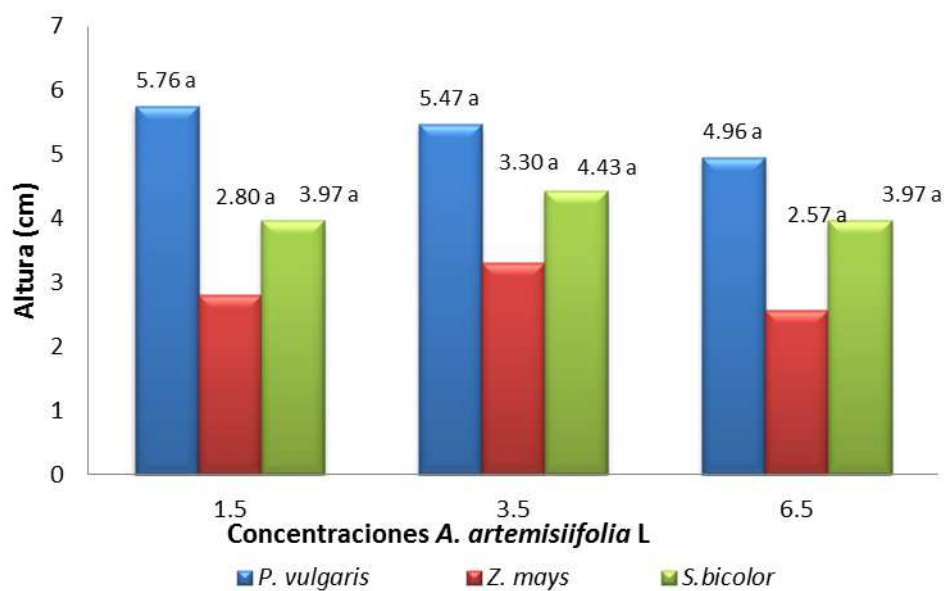


Figura 38. Comparación de contraste 5 en *X. strumarium* L.

Los resultados señalaron a la maleza *H. annuus* como una especie receptora sensible ante los extractos evaluados, debido al efecto inhibitorio que se presentó en su crecimiento; estos resultados son similares a lo encontrado por Hofftman y Hermann (1982) quienes observaron que diversos compuestos fenólicos de especies del *Ambrosia absinthium* inhibían el crecimiento de *Echinochloa colonum*.

Investigaciones realizadas por Shalinder *et al.* (2010) mostraron resultados alelopáticos de los extractos del género *Ambrosia* sobre diferentes especies de malezas, inhibiendo el crecimiento y desarrollo a medida que aumenta la concentración de polifenoles totales.

En la maleza *X. strumarium* la aplicación de los extractos no afectó su altura, probablemente se deba a su contenido de metabolitos secundarios que le confieren algún tipo de resistencia frente a consecuencias adversas.

Las investigaciones realizadas por Del Vitto y Petenatti (2015) establecieron que las especies Asteráceas del género *Xanthium* producen metabolitos secundarios con actividad alergógena que ocasionan toxicidad, dañando el metabolismo animal, por lo cual esta maleza es considerada alelopática debido a que produce compuestos tóxicos como taninos que le brindan protección contra depredadores.

En el Sureste Americano, la especie *X. spinosus* es reconocida por sus atributos medicinales atribuyéndole propiedades antidiuréticas. Estudios realizados por Soto-García *et al.* (2016) consistieron en la utilización de ratones para evaluar la fitotoxicidad de extractos acuosos de hojas. Sus resultados demostraron una

toxicidad por el alto contenido de glucósidos diterpénicos. Al ser tóxico no se recomienda como suplemento alimenticio en humanos, debido a que puede ocasionar daños hepáticos.

Los estudios realizados en el género *Xanthium* se han enfocado en el área médica, atribuyendo actividad antitumoral a compuestos sesquiterpenos como xantinina; los altos contenidos de flavonoides en la planta presentan propiedades antisépticas, antiinflamatorias y diuréticas (Gutiérrez *et al.*, 2011).

Por lo tanto, debido a la poca información sobre el área agrícola es difícil realizar una aseveración sobre causas posibles de la resistencia de *X. strumarium* ante la aplicación de las diversas concentraciones de los extractos evaluados sobre la variable altura; tal vez la planta utiliza los compuestos fenólicos como una barrera protectora que le brinda resistencia.

4.7 Resultados Etapa 2

De acuerdo a los resultados obtenidos en los bioensayos de germinación y aspersión foliar realizados en la etapa 1, se implementaron experimentos en campo sembrando las especies comerciales evaluadas anteriormente; en cada unidad experimental se identificaron especies de malezas presentes y se evaluó su frecuencia, dominancia y cantidad de individuos por área experimental. Después de la evaluación se realizaron aplicaciones de los extractos vegetales a diferentes concentraciones, además de herbicidas comerciales de acuerdo al cultivo evaluado.

4.7.1 Especies Identificadas en el Cultivo de Maíz, Frijol y Sorgo.

Se realizó una identificación de malezas en cada uno de los experimentos. En las Figuras 39-46 se puede observar que las malezas presentes se encuentran en estadios tempranos, con una altura no mayor a los 10 cm, su identificación fue verificada con los herbarios electrónicos de CONABIO.



Figura 39. *Anoda cristata* L.



Figura 40. *Anoda cristata* biotipo



Figura 41. *Ipomoea trichocarpa* L.



Figura 42. *Cucumis melo* L.



Figura 43. *Helianthus annuus* L.



Figura 44. *Sorghum halepense* L.



Figura 45. *Solanum elaeagnifolium* Cav.



Figura 46. *Euphorbia hirta* L.

En la Figura 47 se presentan las malezas identificadas (Porcentaje %) en cada uno de los experimentos realizados en campo. Las malezas con un porcentaje mayor respecto a la frecuencia en los tres experimentos *fue A. cristata y A. cristata (b)*; además, en el cultivo de maíz la mayor frecuencia se presentó para la especie *I. trichocarpa*, con una incidencia de un 96%.

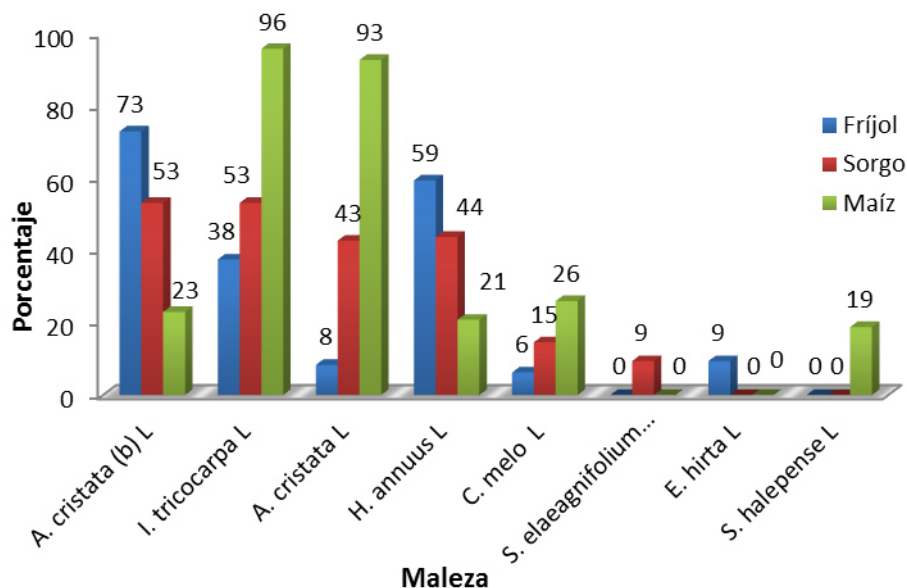


Figura 47. Comparación de frecuencia de diferentes especies de malezas en experimentos de maíz, frijol y sorgo.

En el experimento de maíz, la maleza dominante fue *I. trichocarpa* que presentó un 47 % de prevalencia en los experimentos de frijol y sorgo la maleza más dominante fue *A. cristata* (b), con un 50 % y 26 % (Figura 48).

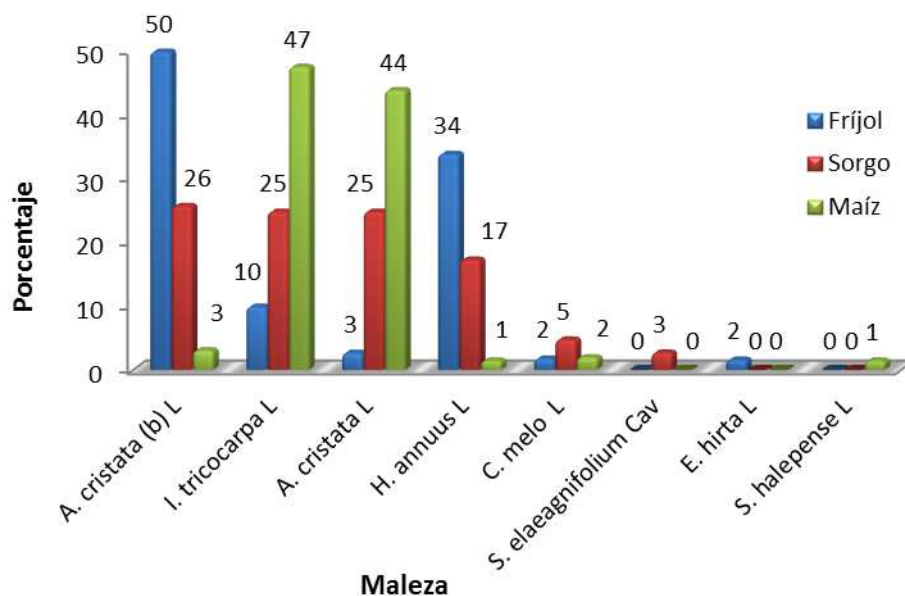


Figura 48. Comparación de dominancia de diferentes especies de malezas en experimentos de maíz, frijol y sorgo.

La Figura 49 muestra los individuos por metro cuadrado de cada una de las especies; en el experimento de maíz *I. trichocarpa* presentó un 41% de prevalencia mientras que *A. cristata* presentó un 38 %. En los cultivos de frijol y sorgo *A. cristata* (b) registró un 12 y 5%, respectivamente, mientras que *H. annuus* en frijol presentó un 8%.

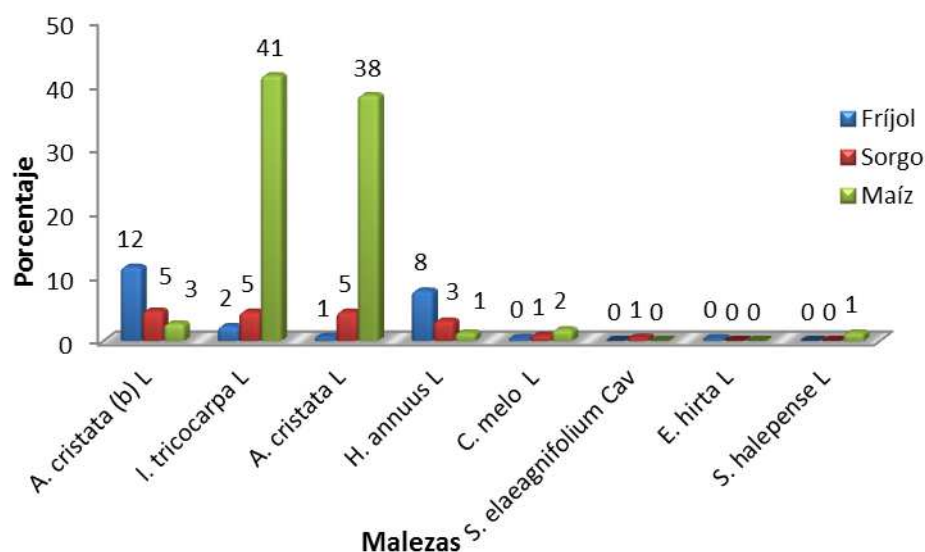


Figura 49. Individuos por m² en diferentes especies de malezas en experimentos de maíz, frijol y sorgo.

Las especies con mayor frecuencia, dominancia y cantidad de individuos por metro cuadrado fueron *A. cristata*, *A. cristata (b)*, *I. trichocarpa* y *H. annuus*. De acuerdo a los resultados obtenidos podemos inferir que la cantidad de malezas muestreadas en cada experimento varía dependiendo del cultivo evaluado y el área en la que se realice la investigación.

Esto concuerda con experimentos realizadas en maíz, frijol y pepino por Flores-Medal (1996) quien mencionó que los parámetros de frecuencia, dominancia y abundancia dependen del tipo de cultivo donde se desarrolle la maleza, de la

densidad de población que se establezca para el cultivo y las condiciones climáticas durante el ciclo de vida de la maleza.

Tucuch *et al.* (2012) evaluó indicadores ecológicos en comunidades de malezas en el cultivo de mango, encontrando un patrón de distribución agregada. Observó que las malezas normalmente se encontraban en manchones y que a medida que las poblaciones de malezas maduraban su tipo de distribución, frecuencia y dominancia variaba, lo cual dependía también de la dispersión de las semillas. Otra variante relacionada con estos parámetros fue el tipo de suelo, riego y herbicidas utilizados en los lotes evaluados. Plaza (2009) evaluó presencia de malezas en cultivos de rosas, refiere que los parámetros cuantitativos varían dependiendo de la cobertura de la especie de maleza y que su mayor o menor dominancia con los cultivos o especies similares depende de su grado de competitividad y/o interferencia. Por otra parte, investigaciones realizadas por Blanco y Leyva (2010) en el cultivo de maíz, refieren que la dominancia de una especie arvense depende del tipo de cobertura, su frecuencia varía de acuerdo a las labores culturales realizadas en el campo agrícola, a la cantidad de herbicidas aplicados y a los ciclos continuos de una misma especie comercial; por lo tanto, es necesario realizar una rotación de cultivos para evitar la frecuencia de una especie arvense, su dominancia en un área determinada y su posible resistencia ante algún método de control.

4.7.2 Efectos de los Extractos Vegetales y Herbicidas Sintéticos sobre las Especies Evaluadas por Experimento.

A los 15 días después de realizar el inventario de malezas, se aplicaron los tratamientos ya mencionados y se evaluó la fitotoxicidad en cada una de las especies presentes en cada experimento. Las evaluaciones se realizaron a los 7, 14 y 21 días después de la aplicación de los diferentes tratamientos utilizando la escala subjetiva empleada por EWRS (European Weed Research Society = Sociedad Europea de Investigación en Malezas).

Los tratamientos fueron: T1 Testigo, T2 Control manual, T3 *P.hysterophorus*, T4 *A. artemisiifolia*, T5 2-4D, T6 Dicamba para sorgo y maíz; para frijol se remplazaron por los siguientes tratamientos: T5 Fluziafop-p-butil y T6 Bentazon.

La Figura 50 indica que los muestreos realizados a los 7 días después de la aplicación sobre las malezas de hoja ancha en cada uno de los experimentos, presentaron un control pobre y medio en los tratamientos 3 y 4, observándose algunos abultamientos y quemaduras en las hojas de la maleza.

Las aplicaciones con productos químicos presentaron un muy buen control observándose aun plantas con vida. Al realizar los muestreos de los 14 y 21 días se observa para el tratamiento 1, 3 y 4 un valor de 9 (sin efecto) en la especie maleza observándose inclusive brotación nueva. Para los tratamientos 2, 5 y 6 se observó muerte completa (1) en las malezas de hoja ancha.

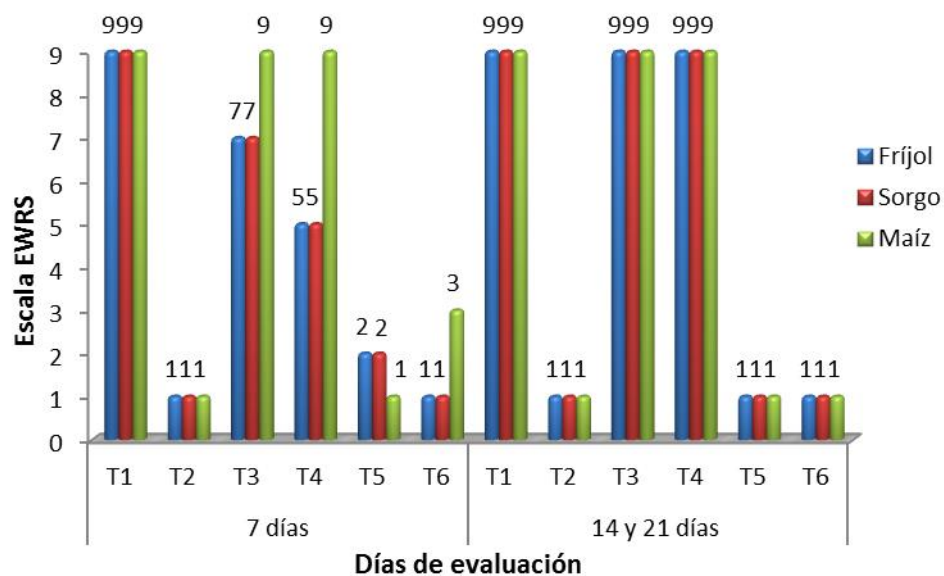


Figura 50. Evaluación visual subjetiva en control de malezas de hoja ancha por cultivo.

Los efectos de los extractos sobre el cultivo de maíz se puede apreciar en la Figura 51, se observa un quemadura leve en la especie *H. annuus* mientras que para las malezas *I. trichocarpa* y *A. cristata* solo se observó un ligero abultamiento en los folíolos, después de este período las especies malezas siguieron su crecimiento normal.



H. annuus L.



I. trichocarpa L.



A. cristata L.

Figura 51. Efecto sobre malezas presentes en el cultivo de maíz con aplicación de extractos concentrados al 6.5 %

En la Figura 52 se observa el comportamiento de las malezas en cada uno de los tratamientos evaluados en el experimento de maíz.



T 1 Testigo



T 2 Control manual



T 3 Ext. *P. hysterothorus* L.



T 4 Ext. *A. artemisiifolia* L.



T 5 2,4-D Amina



T 6 Dicamba

Figura 52. Efecto sobre malezas presentes en el cultivo de maíz en cada tratamiento evaluado

En el experimento de sorgo se utilizaron concentraciones de los extractos al 50 %, el aumento en la concentración se realizó debido a que el efecto de los tratamientos en el experimento de maíz no se observó un control; por tal motivo se decidió aplicar una dosis más alta para evaluar el efecto sobre las malezas presentes en este cultivo y así observar si una dosis mayor presentaba un control más eficiente.

Muestreos realizados a los 7 días después de la aplicación, presentaron quemaduras en los folíolos y un crecimiento más lento de las especies evaluadas; sin embargo, a los 21 días después de la aplicación las malezas emitieron nuevos brotes (Figura 53).



H. annuus L.



I. trichocarpa L.



A. cristata L.



S. elaeagnifolium L.



C. melo L.

Figura 53. Efecto sobre malezas presentes en el cultivo de sorgo con aplicación de extractos concentrados al 50%, a los 7 días después de la aplicación.

En la Figura 54, se observa el comportamiento de las malezas en cada uno de los tratamientos evaluados.



T 1 Testigo



T 2 Control manual



T 3 Ext. *P hystrophorus* L.



T 4 Ext. *A. artemisiifolia* L.



T 5 2, 4 D Amina



T 6 Dicamba

Figura 54. Efecto sobre malezas presentes en el cultivo de sorgo en cada tratamiento evaluado.

En relación al experimento de frijol los extractos evaluados se aplicaron al 100% de concentración en plántulas de 5 - 8cm de altura; al igual que en los experimentos anteriores solo se realizó una aplicación. En la Figura 55 se observa una diferencia visual en los dos extractos presentando un efecto mayor el extracto de *A. artemisiifolia* con una quemadura más acentuada en los folíolos de las malezas evaluadas.



Extracto de *A. artemisiifolia* L.



Extracto de *P. hystrophorus* L.

Figura 55. Efecto de la aplicación de extractos concentrados al 100% sobre malezas presentes en el cultivo de frijol.

En la Figura 56, se observa el comportamiento de las malezas en cada uno de los tratamientos evaluados.



T 1 Testigo



T 2 Control manual



T 3 Ext. *P. hysterophorus* L.



T 4. Ext. *A. artemisiifolia* L.



T 5 Fomesafén



T 6 Bentazón

Figura 56. Efecto sobre malezas presentes en el cultivo de frijol en cada tratamiento evaluado.

4.8 Rendimiento de Cultivos

Para el rendimiento de forraje verde en maíz, el análisis estadístico presentó diferencia significativa entre los tratamientos donde se realizó el control manual y la aplicación de herbicidas (T2, T5 y T6); con relación a los tratamientos donde se realizó la aplicación de extractos y el testigo (T1, T3 y T4), se obtuvo una diferencia en el rendimiento de 10.6 t ha⁻¹ al comparar los dos grupos. Para el caso del sorgo, esta variable no presentó diferencias significativas (Figura 57).

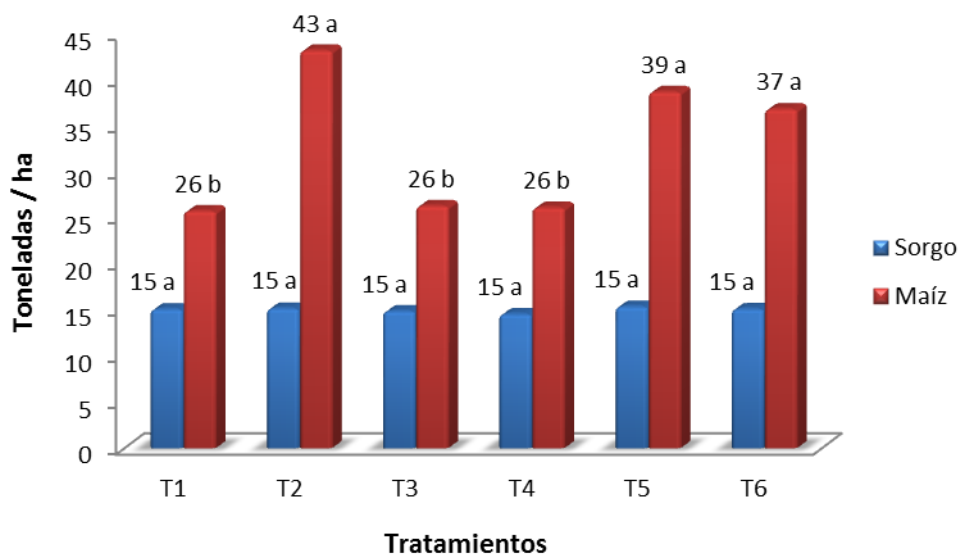


Figura 57. Rendimiento de forraje verde en cultivo de maíz y sorgo.

Letras iguales no presentan diferencia significativa.

Hernández *et al.* (2007), mencionaron que para obtener un forraje de mayor calidad es necesario suprimir las malezas durante el periodo crítico de competencia de maíz y sorgo, el cual abarca aproximadamente 40 días, implica que un manejo

integrado de malezas es mas recomendable para el control de las mismas combinando técnicas de escardado y aplicación de hebicidas.

Por otra parte, Padilla *et al.* (2001) realizaron investigaciones de intercalamiento entre maiz-pasto (*Cynodon nlemfuensis*) y sorgo-pasto utilizando diferentes densidades de siembra, menciona una mayor competencia y afectacion del rendimiento con altas densidades de siembra en sorgo, el cual afectaba la producción de biomasa del pasto. Esto puede deberse al area foliar del sorgo que proporciona sombra a la otra especie, ademas de presentar actividad alelopática.

Respecto a la variable altura de planta, se observa en la Figura 58, que el maíz presentó una mayor altura en el T2 donde se realizó un control manual; en relación al T1 y T3 correspondiente al testigo y la aplicación de extracto de *P. hysterothorus*, presentó una reducción del crecimiento de un 23.9%.

En el cultivo de sorgo se observa diferencia significativa en altura, entre tratamientos donde se realizó el control de malezas (T2, T5 y T6), respecto a los tratamientos que permanecieron totalmente enmalezados hasta el final del ciclo del cultivo (T1, T3 y T4) siendo estos últimos los que obtuvieron una menor altura.

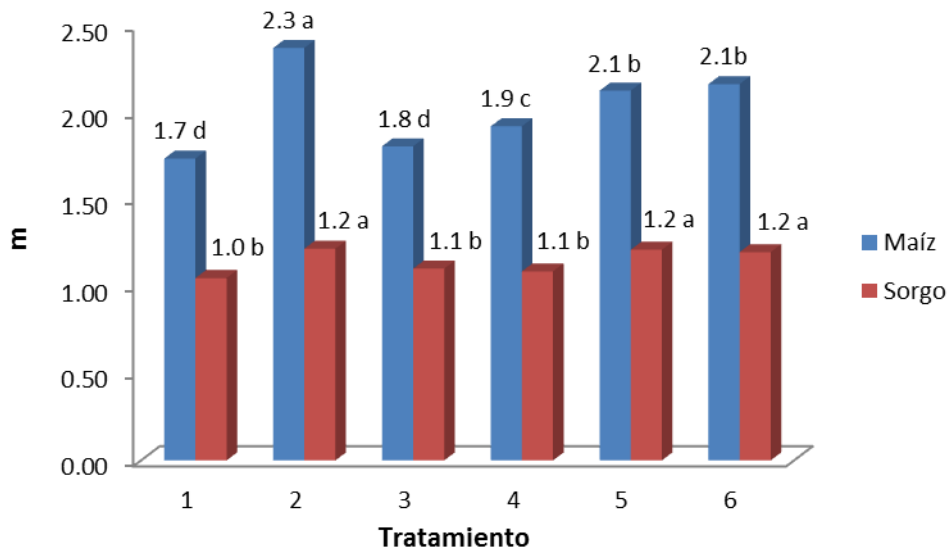


Figura 58. Altura de planta en el cultivo de maíz y sorgo.

Letras iguales no presentan diferencia significativa.

De acuerdo a los resultados obtenidos con respecto a la altura de planta en el maíz y sorgo, se presenta una inhibición en esta característica en los tratamientos donde se aplicaron los extractos y el tratamiento testigo. Probablemente por la competencia que las malezas ejercen ante el cultivo; por tal motivo, se infiere que existe una diferencia en el control de malezas con la aplicación de extractos y herbicidas, por lo tanto se acepta la hipótesis planteada, que menciona que los extractos vegetales comparados con herbicidas sintéticos, presentarán diferencia sobre el control de malezas en cada especie cultivada debido a que los tratamientos donde se utilizaron productos químicos registraron una mayor altura.

García y Mejía (2005) mencionaron que la utilización de productos químicos es muy eficiente en el control de malezas, debido a que los porcentajes de control superan el 90%, ellos establecieron que la utilización de herbicidas postemergentes

presentan un mejor control en malezas que herbicidas de presembrado, debido a un control insuficiente presentando una afectación en la altura y calidad del forraje.

El rendimiento de grano se evaluó en los cultivos de maíz y frijol obteniendo diferencia estadística significativa entre tratamientos. En la Figura 59 se aprecia como el rendimiento de grano en maíz presentó una mayor producción en los tratamientos donde se utilizó control manual T2, y aplicación de herbicidas T5 y T6 con un promedio de 4.6 t ha⁻¹. El tratamiento testigo T1, extractos de *A. artemisiifolia* (T4) y *P. hysterophorus* (T3) obtuvieron un menor rendimiento de grano con una disminución de 2.7 t ha⁻¹.

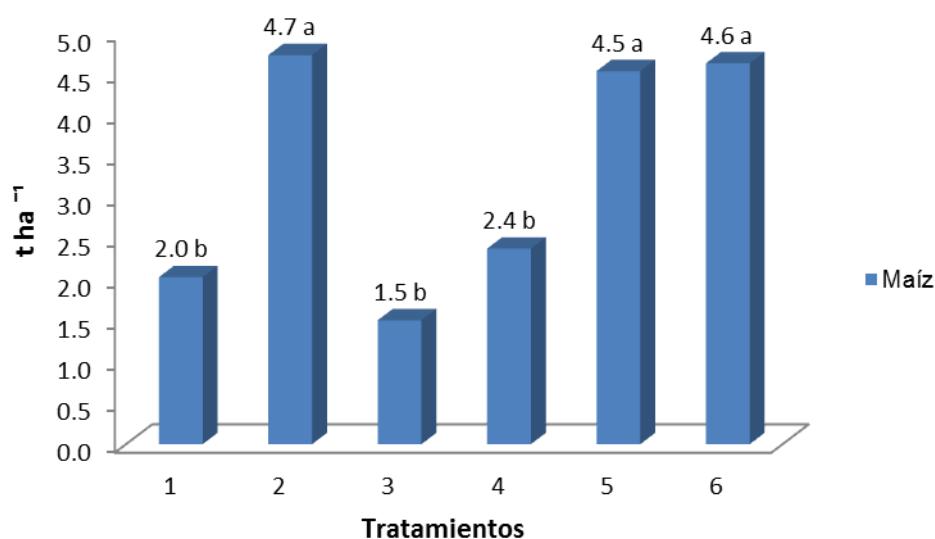


Figura 59. Rendimiento de grano en cultivo de maíz blanco hualahuises.

Letras iguales no presentan diferencia significativa.

Para el cultivo del frijol, se presentó algo similar, el tratamiento sobresaliente fue el T2, con una diferencia en rendimiento de grano de 1.5 t ha^{-1} respecto a los tratamientos de T1, T3 y T4 (Figura 60.)

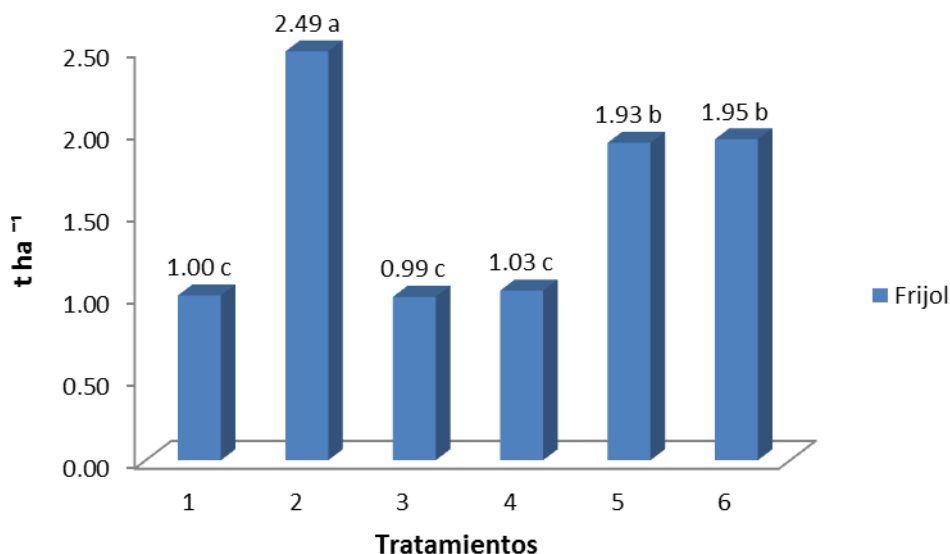


Figura 60. Rendimiento de grano en cultivo de frijol pinto saltillo por hectárea.

Letras iguales no presentan diferencia significativa.

En relación a la variable longitud de guía en el cultivo de frijol, el análisis de varianza presentó diferencia significativa entre tratamientos obteniendo un promedio de 56 cm en el T2 y T6 respecto a los tratamientos T1, T3 y T4 que presentaron una longitud promedio de 37 cm (Figura 61).

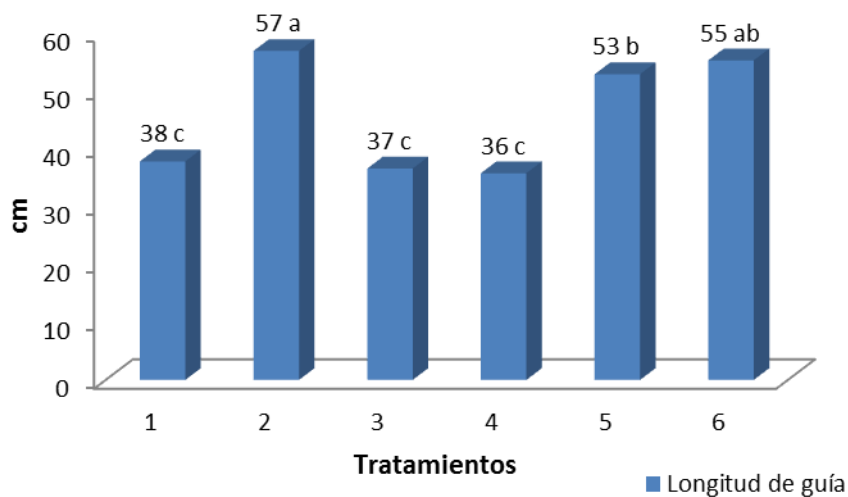


Figura 61. Longitud de guía en el cultivo de frijol pinto saltillo al finalizar el ciclo del cultivo.

Letras iguales no presentan diferencia significativa.

En relación al número de granos por planta, el análisis de varianza presentó diferencia significativa entre tratamientos, el comportamiento de esta variable fue similar a la presentada en las variables de rendimiento de grano y longitud de guía, sobresaliendo el T2 con 57 granos promedio comparado con el T1, que presentó una reducción del 59.6%; los tratamientos T5 y T6 no presentan diferencia estadística significativa (Figura 60).

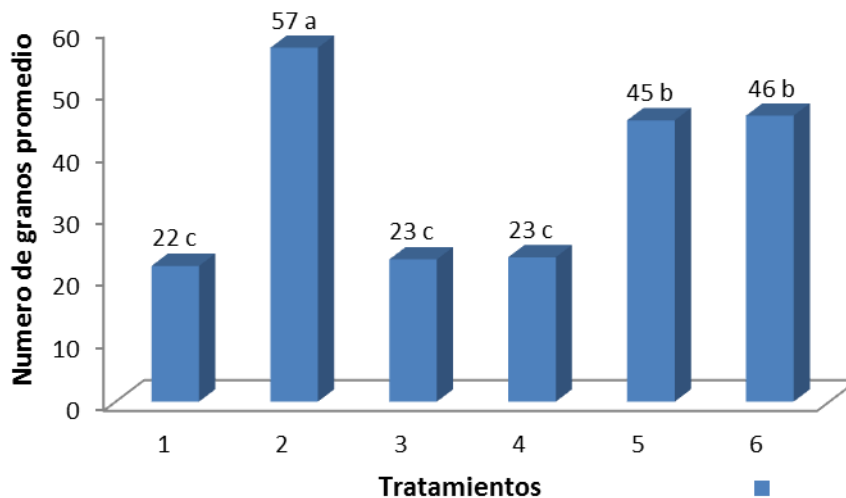


Figura 62. Granos por tratamiento en cultivo de frijol pinto saltillo.

Letras iguales no presentan diferencia significativa.

De acuerdo a los resultados obtenidos para rendimiento de grano en los cultivos de maíz y frijol, es similar la afectación para esta variable porque los tratamientos T1, T3 y T4 durante todo el ciclo de cultivo permanecieron totalmente enmalezados (100% de infestación) debido a que los extractos no controlaron las malezas presentes de una forma eficiente.

El control de malezas en las primeras etapas es de vital importancia para cualquier especie cultivable para no ver afectada la calidad y rendimiento de grano.

Por lo tanto, se acepta la hipótesis que establece que las malezas presentes influyen en el rendimiento de los cultivos; debido a que no se controlaron eficientemente con la aplicación de los extractos y su crecimiento excedió el período crítico de competencia de cada cultivo, afectando su rendimiento.

Los resultados coinciden con investigaciones realizadas por Marín (2014) quién observó una inhibición del crecimiento en plántulas de maíz al utilizar una combinación de extractos acuosos de Ruezno y *P. hysterothorus*; además, refiere que los dos extractos pueden utilizarse como posibles bioherbicidas en el control de malezas en cultivos siempre y cuando no presenten. Sin embargo, los resultados difieren de los estudios realizados por Belz *et al.* (2007), quienes demostraron que los extractos de *P. hysterothorus* presentaron un metabolito secundario llamado parthenina, que reduce el crecimiento de las plantas y que el efecto dependerá de la cantidad de compuesto que pueda acumular la planta y la estabilidad de estas concentraciones en el suelo.

5. CONCLUSIONES

El mejor método de extracción de polifenoles totales en *Ambrosia artemisiifolia* L. fue el tradicional utilizando etanol como solvente. Esta especie presentó mayor contenido de flavonoides, taninos y capacidad antioxidante.

En *Parthenium hysterophorus* L, no existió diferencia significativa entre métodos de extracción, y el mejor solvente para realizar la extracción tanto en *A. artemisiifolia* y *P. hysterophorus* fue el etanol.

Los extractos de *P.hysterophorus* L y *A. artemisiifolia* L, inhibieron un 100% la germinación en las cinco especies vegetales estudiadas, por lo que es recomendable realizar otras pruebas con dosis menores a 1.5 %.

En los bioensayos de aspersión foliar realizado en los tres experimentos, la concentración 6.5 % de *Ambrosia artemisiifolia* inhibió el crecimiento en la maleza *Helianthus annuus*.

Para la maleza *Xanthium strumarium* no existe diferencia significativa en la altura de planta en ninguno de los tres experimentos. Sin embargo, el factor visual muestra una reducción del área foliar, variable no evaluada en este experimento.

De acuerdo a los bioensayos realizados se infiere que el extracto etanólico de *Ambrosia* es considerado como bioherbicida de contacto, se recomienda realizar varias aplicaciones con concentraciones superiores a las establecidas en los bioensayos, realizando una protección de la planta cultivada.

La aplicación de los herbicidas sintéticos 2-4D amina (dosis 5ml L⁻¹) y Dicamba (2.5ml L⁻¹), controlaron malezas de hoja ancha en un 98% ocasionando una muerte total de la planta a los 21 días, con excepción de *S. halepense*.

Las malezas de hoja ancha mostraron quemaduras con la aplicación de extractos vegetales los primeros 7 días después de la aplicación, posteriormente las malezas emitieron nuevos brotes.

El cultivo del maíz presentó diferencia significativa entre tratamientos para las variables evaluadas sobresaliendo el T2 en el cual se empleó un control manual. La competencia de malezas mermó el rendimiento de grano del maíz en un 58.7%

El rendimiento de forraje verde en el cultivo de sorgo no presentó diferencia significativa entre tratamientos, mientras que el rendimiento de grano en frijol se redujo un 59% en el T1 (Todo el ciclo con malezas) respecto al T2 (Todo el ciclo limpio, manualmente).

6. RECOMENDACIONES

Aunque los extractos de *P. hysterophorus* y *A. artemisiifolia* presentaron un efecto en los bioensayos de germinación y aspersion foliar sobre las especies evaluadas, resultados en campo no fueron favorables, por lo tanto se recomienda realizar nuevas investigaciones en ambiente controlado, realizando aplicaciones continuas, dirigidas a diferentes especies de malezas tomando en cuenta sus etapas fenológicas, utilizando los extractos en pre-emergencia y post-emergencia. También es necesario seguir realizando investigación para encontrar especies vegetales que puedan contribuir como bioherbicidas utilizando diferentes técnicas de extracción de metabolitos secundarios.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acciaresi, H. A.** y C. A. Asenjo. 2003. Efecto alelopático de *Sorghum halepense* (L.) Pers. sobre el crecimiento de la plántula y la biomasa aérea y radical de *Triticum aestivum* (L.). *Ecología austral*, 13(1): 49-61.
- Ahsan, B. A.** 2014. Sustainable weed management in conservation agriculture. Crop Protection. 65 pp. 105-113
- Altieri, M. A.** 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74 (1): 19-31.
- Arbeláez, J. S. M.,** J. I. S. Acevedo y P. N. M. Yepes. 2011. Metabolitos secundarios en el guayacán amarillo y en el guayacán rosado. *Scientia et technica*, 1(47): 297-301
- Ávila C. I. M.** 2009. Estudio de los compuestos polifenólicos con énfasis en flavonoides del hongo *Lentinula edodes* y determinación de la actividad antioxidante (Tesis Doctoral). Facultad de Ciencias, Departamento de Química. Universidad Nacional de Colombia.

- Ávila, L., W. Murillo., E. Durango., F. Torres., W. Quiñones., y F Echeverri.** 2007. Efectos alelopáticos diferenciales en extractos de eucalipto. *Scientia et Technica*, 33: 203-205.
- Azuola, R. y P. V. Aguilar.** 2007. Extracción de sustancias asistida por ultrasonido (EUA). *Tecnología en marcha*, 20 (4): 1.
- Baker, H. G.** 1974. The evolution of weeds. *Annual review of ecology and systematics*, 11(22): 1-24.
- Barkosky, R. R.** and F. A. Einhellig. 1993. Effects of salicylic acid on plant-water relationships. *Journal of Chemical Ecology*, 19 (2): 237-247.
- Begna, S. H., R. I. Hamilton., L. M. Dwyer., D. W. Stewart, D. Cloutier., L. Assemet., K. Foroutan-Pour. y D.L. Smith.** 2001. Morphology and yield response to weed pressure by corn hybrids differing in canopy architecture. *European Journal of Agronomy*. 14 pp. 293-302.
- Beltrán D. Y., H. J. Morris Q, E. R. De la Cruz, Y. Quevedo M. y R. C. Bermúdez S.** 2013. Contenido de fenoles totales en extractos de *Pleurotus* obtenidos con solventes de diferente polaridad. *Revista cubana de Investigaciones biomédicas*, 2: 121-129.
- Belz G. R., C. F. Reinhardt., L. C. Foxcroft. and K. Hurle.** 2007. Residue allelopathy in *Parthenium hysterophorus* L. –Does parthenin plays a leading role? *Corp Protection*. 26 (3): pp. 237-245.

- Benítez, P. C.** 2014. Bases para la Ecología y Biología de malezas, Capítulo I Universidad Nacional de Rosario, Argentina. pp. 3009-3011.
- Benítez, R.C., L. A. Cardozo., Ch. L. Hernández., M. Lapp., Z. T. Ruiz., P. Torrecilla.** 2006. Botánica sistemática fundamentos de estudio. Cap. 1 Fuentes de evidencias sistemáticas y ciencias relacionadas Universidad Central de Venezuela, Maracay. Primera Edición Digital pp. 6-17.
- Biodiversidad Mexicana** 2015. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. Especies de plantas en el mundo y en Mexico. <http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/cuantasesp.html> (Enero, 2015).
- Blanco Y.** 2006 La utilización de la alelopatía y sus efectos en diferentes cultivos agrícolas. Cultivos Tropicales. 27(3): pp. 5-16.
- Blanco, J. A.** 2007. The representation of allelopathy in ecosystem-level forest models. Science Direct. 209(2): pp. 65-77.
- Blanco, V. Y.** y A. G. Leyva. 2011. Determinación del período crítico de competencia de las arvenses con el cultivo del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.). Cultivos Tropicales. 32(2): pp. 143-153.
- Blanco, V. Y.,** A. G. Leyva. e I. L. Castro. 2014. Determinación del periodo crítico de competencia de arvenses en el cultivo del maíz (*Zea mays*, L.) Cultivos Tropicales. 35 (3): pp. 62-69.

- Blanco, Y.** y Á. Leyva. 2010. Abundancia y diversidad de especies de arvenses en el cultivo de maíz (*Zea mays*, L.) precedido de un barbecho transitorio después de la papa (*Solanum tuberosum* L.). *Cultivos Tropicales*, 31(2): 5-10.
- Bohren, C.** 2007. *Ambrosia artemisiifolia* L. - in Switzerland: concerted action to prevent further spreading. *Agroscope ACW*, 58(11): pp. 3-15.
- Booth, B. D.**, S. D. Murphy, and C. J. Swanton. 2003. Weed ecology in natural and agricultural systems. CABI publishing. pp.13-21.
- Buttenschön, R. M.**, S. Waldispühl., and C. Bohren. 2010. Guidelines for management of common ragweed, *Ambrosia artemisiifolia*. Primera edición electrónica. University of Copenhagen pp.7-16.
- Cárdenas, T. C.** 2014. Las plantas alelopáticas. Primera edición electrónica. Universidad de las fuerzas armadas pp. 1-34.
- Cardenas-Sandoval, B. A.**, A. R. López-Laredo., B. P. Martínez-Bonfil., K. Bermúdez-Torres. y G. Trejo-Tapia. 2012. Avances en la fitoquímica de *Cuphea aequipetala*, *C. aequipetala* var. *hispida* y *C. lanceolata*: Extracción y cuantificación de los compuestos fenólicos y actividad antioxidante. *Revista mexicana de ingeniería química*, 11(3): 401-413.
- Carrillo, M.**, y P. Alfonso. 2003. Especies de malezas más importantes en siembras hortícolas del valle de Quíbor, estado Lara, Venezuela. *Bioagro*, 15(2): 91-96.

- Castañeda, B. C.,** E. R. Llica y L. I. Vásquez. 2008. Evaluación de la capacidad antioxidante de siete plantas medicinales peruanas. *Horizonte Médico* 8(1): 31-37.
- Castro, M. R.,** y R. F. G. Laredo. 2003. Comparación del contenido de compuestos fenólicos en la corteza de ocho especies de pino. *Madera y Bosques*, 9(2): 41-49.
- CONABIO** 2004 Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/asteraceae/partheniumhysterophorus/fichas/ficha.htm#5>. Biología y ecología. (Consultada noviembre 3 2014)
- Criollo Maldonado, A. A.** 2015. Determinación cuantitativa de polifenoles y metabolitos con propiedades antioxidantes en el extracto de altamisa (*Ambrosia artemisiifolia*). Tesis Doctoral Universidad Técnica de Machala, El Oro Ecuador. pp. 35-51.
- Damián-Huato, M. A.,** A. Cruz-León., B. Ramírez-Valverde., O. Romero-Arenas., S. Moreno-Limón., L. Reyes-Muro. 2013. Maíz, Alimentación y Productividad: Modelo tecnológico para productores de temporal de Mexico. *Agricultura Sociedad y Desarrollo* 10: pp 157-176.
- De Real, S. F.** 2013. Estudio de la biología de las malezas. *Revista Vinculando*. 47: pp. 1-8
- Dekker, J.** 2005. Biology and anthropology of plant invasions. In *Invasive Plants: Ecological and agricultural aspects*. Birkhäuser Basel. 42: pp. 235-250.

- Del Vitto, L. A.** y E. M. Petenatti. 2015. Asteráceas de importancia económica y ambiental: Segunda parte: Otras plantas útiles y nocivas. *Multequina*, 24(1): 47-74.
- Delye C., M.** Jasieniuk., and V. Le Corre. 2013. Deciphering the evolution of herbicide resistance in weeds. *Trends in Genetics*. 29(11): pp. 649-658.
- Escobar-Montañez, G.** 2012. Incidencia de metabolitos secundarios presentes en las leguminosas en sistemas silvopastoriles en caprinos. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. Escuela de Ciencias Agrícolas, Pecuarias y del Medio Ambiente. Bogotá D.C. pp.2-42.
- Espinosa R. R.,** L. Herrera I., L. R. Bravo S., M. Hernández A., S. Torres G., Y. Ramos G. y M. Espinosa M. 2012. Efecto sinérgico de taninos y flavonoides presentes en *Terminalia catappa* L. sobre el crecimiento micelial de *Rhizoctonia solani* Kühn y *Sclerotium rolfsii* Sacc. *Fitosanidad*. 16(1): 27-32.
- FAO,** 1994. Conservación de los recursos naturales para una agricultura sostenible. Manejo integrado de malezas. http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/wm/weeds.pdf (Consultado 15/09/2014).
- Flores-Medal, E. F.** 1996. Influencia de los cultivos antecesores y control de malezas sobre las poblaciones adventicias y el crecimiento y rendimiento del sorgo (*Sorghum bicolor* (L) moench), maíz (*Zea mays* L) y Pepino (*Cucumis sativus* L) Tesis Doctoral. Universidad Nacional Agraria, UNA). pp 32-54

- Fumanal, B., I. Gaudot., and F. Bretagnolle.** 2008. Seed-bank dynamics in the invasive plant, *Ambrosia artemisiifolia* L. *Seed Science Research*, 18(02): 101-114.
- García, A. Á., y E. P. U. Carril,** 2011. Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología)*, 2(3): pp 119-145.
- García F., C.H., y P. M. J. Peláez.** 2007. Effect Determination of sugar cane molasses bioherbicida on *Brassica campestris* L. *Revista ambiental*. 2(2): 53-60 pp.
- García, F. P. y J. M. P. Villamil.** 2001. *Viabilidad, vigor, longevidad y conservación de semillas*. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Secretaria General de Estructuras. Departamento de Biología Vegetal. Universidad Politécnica de Madrid. pp. 2-16.
- García, P. y M. Mejía.** 2005. Control químico de las malezas en maíz en un sistema de siembra directa. *Revista Agronomía Tropical*, 55(3): 363-380.
- García-Mateos, M. R., A. M. G. Castillo, R. M. Y. Barrón.** 2011. Extractos de *Calia secundiflora* (Ort) Yakovlev con potencial actividad fitotóxica. *Interciencia*, vol. 36, 779-784.
- García-Mateos, M. D., C. Sánchez-Navarro, J. Martínez-Solís, y M. Pérez-Grajales.** 2013. Actividad fitotóxica de los extractos de chile manzano (*Capsicum pubescens*). *Chapingo Serie Agricultura*, 19(4): 23-33.

- Gerber, E., U. Schaffner., A. Gassmann., H. L. Hinz., M. Seier., and H. Müller-Schärer.** 2011. Prospects for biological control of *Ambrosia artemisiifolia* in Europe: learning from the past. *Weed Research*, 51(6): 559-573.
- Gil, A., A. Celis, J. Cuevas.** 2010. Efecto inhibitorio de extractos de *Swinglea glutinosa* (Blanco) Merr. Y *Lantana cámara* L. en preemergencia y pos emergencia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*. 4: 223-234
- Gioanetto, F., V. J. Díaz, y S. R. Quintero.** 2010. Manual de Utilización de malezas silvestres de Michoacán. Edición Grafópolis S.A. de C.V. Michoacán México. pp.8 – 9.
- Goeden, R. D., and L. A. Andrés.** 1999. Chapter 34 – Biological Control of Weeds in Terrestrial and Aquatic Environments Handbook. Biological Control. pp.871-890.
- Gómez, B.J.G.** 2011. Herbicidas agrícolas formulaciones, usos, dosis y aplicaciones. Editorial Trillas. Mexico. 3er edición. pp. 13-36
- González, F.** 1999. Monocotiledóneas y dicotiledóneas: un sistema de clasificación que acaba con el siglo. *Revista Académica de Colombia Ciencias Exactas*. 23: 195-204.
- González, T. A., Y. Ruiz, R. Canet e Y. García.** 2008. Actividad alelopática de residuos de cosechas de *Sorghum bicolor* L. Moench. Variedad ISIAP Dorado. Tesis de maestría. Instituto de investigaciones de arroz. La Habana Cuba. pp 45-69.

- Granados E. C. A.** 2012. Alternativas biorracionales para el control de paratrioza *Bactericera cockerelli* Sulzer (Hemiptera:Psyllidae) en laboratorio. (Tesis Doctoral. Instituto Politécnico Nacional, Santa Cruz Xoxocotlán Oaxaca. pp.21-33
- Guauque, M., J.** Castaño y M. Gómez. 2010. Detección de metabolitos secundario en *Ambrosia peruviana* Willd y determinación de la actividad antibacteriana y antihelmítica. *Infection*, 3: 186-194.
- Gutiérrez D. M. D. P.,** G. Limachi V. E. Gonzales D. y P. Bermejo B. 2011. Control de Calidad del *Xanthium spinosum*, planta medicinal expendida en la ciudad de La Paz, Bolivia. *BIOFARBO*, 19(1): pp. 15-21.
- Gutiérrez, D. M., D.** Ortiz M., G. M. Bah y V. Serrano. 2010. Contenido de sustancias antinutricionales de malezas usadas como forraje. *Revista latinoamericana de química*, 38(1): 58-67.
- Hernández A. J. A.,** C. A. Rosales N., C. Loredo O. y S. Beltrán L. 2007. Variedades de forrajes anuales para temporal en el Altiplano y Zona Media de San Luis Potosí. Folleto para productores. Campo Experimental San Luis Potosí. México San Luis Potosí. 44(3): pp 19.
- Herreras, E. B.** (2005). SPSS: Un instrumento de análisis de datos cuantitativos. *Revista de informática educativa y medios audiovisuales*, 2(4): 62-69.

- Herrera, M. C.** y M. L. De Castro. (2005). Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from strawberries prior to liquid chromatographic separation and photodiode array ultraviolet detection. *Journal of Chromatography A*, 1100(1): 1-7.
- Hofftman, B.** y K. Hermann. 1982. Flavonol glycosides of worwood (*Artemisia vulgaris*), tarragon (*Artemisa dracunculus*) and absindic (*Artemisa absinthium*) phenols of spices. *Food Chemistry* 141: pp. 1361-1368.
- Holt, J. S.** 1992. History of identification of herbicide-resistant weeds. *Weed Technology*, 73(6): pp. 615-620.
- Hulbert, G. J.,** R. N. Biswal, C. B. Mehr, T. H. Walker, and J. L. Collins. 1998. Solid/liquid extraction of caffeine from guaraná with methylene chloride. *Food science and technology international*, 4(1): 53-58.
- Isaza, J. H.,** L. A. Veloza, L. S. Ramírez, y C. A. Guevara. (2007). Estimación espectrofotométrica de taninos hidrolizables y condensados en plantas Melastomatáceas. *Scientia et technica*, 1(33): pp 1-12.
- ISTA** International Seed Testing Association 2007. Análisis de semillas. Obtenido de Métodos de germinación de semillas:
- http://www.analisisdesemillas.com.ar/index.php?option=com_content&tas

- Jiménez F. L.,** D. Z. Valdés. y R. P. Álvarez. 2006. Efecto alelopático de *Pinus caribaea* en la germinación de arvenses en casas de cultivo protegido. Centro Agrícola. 33(4): pp. 79-83.
- Jiménez, C. I. E.,** E. Y. C. Martínez, y J. G. Fonseca. 2009. Flavonoides y sus acciones antioxidantes. *Rev Fac Med UNAM*, 52(2): 73-75.
- Juan, V. F.,** H. Saint-Andre. y R. R. Fernández. 2003. Competencia de lecherón (*Euphorbia dentata*) en soja. *Planta Daninha*, 21(2): 175-180.
- Juárez L. M. A.** 2012. Tesis de Propiedades funcionales del hongo comestible *Pleurotus* y su relevancia en la alimentación regional. Colegio de Postgraduados Puebla. pp. 19-25.
- Ju, Z. Y.,** and L. R. Howard. 2003. Effects of solvent and temperature on pressurized liquid extraction of anthocyanins and total phenolics from dried red grape skin. *Journal of Agricultural* 51(18): 5207-5213
- Jürgens, G.** 1984. Levantamiento de malezas en cultivos agrícolas. Ed. CATIE. Convenio Costarricense-Alemán de Sanidad Vegetal. Costa Rica. pp 1-17.
- Khan, M. I.** 2015. Técnicas ecológicas de control de malezas (extracto alelopático) en el cultivo de trigo. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 6(6): 1307-1316.
- Kaur, S.,** H. P. Singh, S. Mittal, D. R. Batish, and R. K. Kohli. 2010. Phytotoxic effects of volatile oil from *Artemisia scoparia* against weeds and its possible use as a bioherbicide. *Industrial Crops and Products*, 32(1): 54-61.

- Khalifa, F. M.,** A. A. Schneider, and E. I. El Tayeb. 2000. Temperature-germination responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. *Helia*, 23(33): 97-104.
- Kim, S. Y.** 1992. Allelopathic activity and isolation of a toxic compound in sorghum (*Sorghum vulgare* Pers.) Master dissertation. University of the Philippines. pp. 2-11.
- Koitaishi, R.,** T. Suzuki, T. Kawazu, A. Sakai, H. Kuroiwa. and T. Kuroiwa. 1997. 1, 8-Cineole inhibits root growth and DNA synthesis in the root apical meristem of *Brassica campestris* L. *Journal of Plant Research*, 110(1): 1-6.
- Kong, C. H.,** P. Wang, and X. H. Xu. 2007. Allelopathic interference of *Ambrosia trifida* with wheat (*Triticum aestivum*). *Agriculture, ecosystems & environment*, 119(3): 416-420.
- Kumar, S. G.,** A. P. Nair, S. Singh, N. Batra and, R. W. Warikoo. 2012. Evaluation of the larvicidal efficiency of stem, roots and leaves of the weed, *Parthenium hysterophorus* (Family: Asteraceae) against *Aedes aegypti* L. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease* 2(5): pp.395-400.
- Layne-Garsaball, J. A.,** y J. R. Méndez-Natera. 2006. Efectos de extractos acuosos de la maleza *Cyperus rotundus* L. (Cyperaceae) sobre la germinación de semillas y crecimiento de plántulas de maíz (*Zea mays* L.) cv. Pioneer 3031. *Revista Peruana de Biología*, 14(1): 55-60.

- Leguizamón, E.** 2000. Las malezas y el agroecosistema. *Cátedra de Malezas, Facultad de Ciencias Agrarias U.N.R.* Departamento de Producción vegetal. pp. 1-9
- Locke, M. A.,** K. N. Reddy, and R. M. Zablotowicz. 2002. Weed management in conservation crop production systems. *Weed Biology and management*, 2 (3), 123-132.
- Lorenzo, P.,** E. Pazos-Malvido., L. González., and M. J. Reigosa. 2008. Allelopathic interference of invasive *Acacia dealbata*: physiological effects. *Allelopathy Journal*, 22(2): 64-76.
- Lorenzo, P.,** y L. González. (2010). Alelopatía una característica ecofisiológica que favorece la capacidad invasora de las especies vegetales. *Ecosistema*, 19: 79-91.
- Macías, F. A.,** J. M. Molinillo, R. M. Varela. and J. C. Galindo. 2007. Allelopathy—a natural alternative for weed control. *Ciencias de Gestion de Plagas*, 63(4): 327-348.
- Martínez, E. G.,** I. F. Segovia y A. F. López. 2015. Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. Departamento de tecnología de alimentos. Universidad Politécnica de Valencia. pp. 1-9.
- Martínez, M.** 2003. Desarrollo de bioherbicidas para el control de *Salvinia molesta*. Anuario IMTA. pp. 94-100.

- Martínez-Otero, A.,** L. González., and M. J. Reigosa. 2005. Oxygen electrode for seedling metabolism measurement in allelopathy. *Allelopathy Journal*, 16(1): 95-104.
- Martínez, S. A.** 2010. Compuestos polifenólicos (extraíbles y no extraíbles) en alimentos de la dieta española. Tesis de Doctorado. Universidad Complutense de Madrid. pp. 45-67
- Martínez Rodríguez, A. L.** 2005. Estrategias de colonización de las plantas para la estabilización de taludes en carreteras. Tesis de Maestría. Chapingo Mexico pp. 1-31.
- Masa, C. V.,** J. A. Gallego., T. S. Díaz., y N. C. Lobón. 2008. Estudio sobre las posibles vías de incorporación de sustancias alelopáticas al suelo. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales*, (25): 425-430.
- Matthei, J.,** C. Marticorena., M. Quezada., y R. Rodríguez. 1995. *Manual de las malezas que crecen en Chile*. Alfabeta impresores. 1ª Edición pp.12-35.
- Molina-Freaner, F.,** F. Espinosa-García., and J. Sarukhan-Kermez. 2008. Weed population dynamics in a rain-fed maize field from the valley of Mexico. *Agrociencia* 42: 655-667.
- Mortimer** 1997. Cap. 2 Las necesidades de los estudios sobre ecología de malezas para mejorar el manejo de malezas. Instituto internacional de investigaciones del Arroz FAO. (Consultado 15-enero-2015).

<http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Biodiversity-pollination/Weeds/Docs/Ecosp1.PDF>

Muñoz T. G. y D. Gutiérrez A. 2007. Rastreo de taninos en 14 malezas usadas como forraje en el Estado de Querétaro. Tesis de Maestría Universidad Autónoma de Querétaro. pp.1-4

Murillo, E., y L. M. Reyes. 2003. Potencial alelopático de los lixiviados y extractos orgánicos de *Artemisa absinthium* (Asterácea). Vitae, 10: 51-58.

Navia, D. y B. Sala. 2009. Determinación del nivel de sensibilidad de la caminadora *Rottboellia cochinchinensis* como respuesta a la aplicación de cinco herbicidas con tres dosis diferentes y en cuatro zonas de la provincia del Guayas. Tesis Licenciatura. Guayaquil, Ecuador. pp. 3-31.

Negbi, M. 1992. A sweetmeat plant, a perfume plant and their weedy relatives: A chapter in the history of *Cyperus esculentus* L. and *C. rotundus* L. Economic Botany, 46(1): 64-71.

Ojito R. K., Y. Herrera S. N. Vega P. y O. Portal V. 2012. Actividad antioxidante in vitro y toxicidad de extractos hidroalcohólicos de hojas de Citrus spp. (Rutaceae). Revista Cubana de Plantas Medicinales, 17(4): 368-379.

Oliveros, B. A. D. J., F. A. Macías, C. C. Fernández, D. Marín, and J. M. Molinillo. 2009. Root exudates and their relevance to the allelopathic interactions. Química nova, 32(1): 198-213.

- Olivares, S. E.** (2012). Paquete Estadístico de Diseños Experimentales Versión 1. Facultad de Agronomía, UANL. Marín, NL México.
- Ordóñez V. P.,** M. Vega E. and O. Malagón A. 2006. Phytochemical study of native plant species used in traditional medicine in Loja Province. 10(2): 65-71
- Ortiz, A.,** L. Martínez., Y. Quintana., P. Pérez., y A. Fischer. 2014. Resistencia de la paja johnson [*Sorghum halepense* (L.) Pers.] a los herbicidas nicosulfuron y foramsulfuron+ iodosulfuron en Venezuela. *Bioagro*, 26(2): 71-78.
- Osorio S. L.,** F. A. Valverde, C. R. Bonilla C., M. S. Sánchez O., C. E. Mier B. 2009. Evaluación de extractos de fique, coquito, sorgo y ruda como posibles bio-herbicidas. *Acta Agronómica (Palmira)*. 58(2): pp. 103-107.
- Padilla, C.,** T. E. Ruiz, y H. Díaz. 2001. Densidad de siembra de sorgo forrajero y maíz intercalados en el momento de la plantación de pasto estrella (*Cynodon nlemfuensis*). *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 35(1): 45-50.
- Palmer W. A.,** T. A. Heard., and A. W. Sheppard. 2010. A review of Australian classical biological control of weeds programs and research activities over the past 12 years. *Biological Control*. 52(3) pp. 271-287
- Pandey, D., K.** 1994. Inhibition of *Salvinia* (*Salvinia molesta* Mitchell) by *Parthenium* (*Parthenium hysterophorus* L.) I. Effect of leaf residue and Allelochemicals. *Journal of Chemical Ecology*. 20(12): pp. 3111-3122.
- Parvez, S.** 2014. Effects and Management of *Parthenium hysterophorus*: A Weed of Global Significance. *International Scholarly Research Notices*, pp. 4-12.

- Peñuelas, J.,** M. Ribas-Carbo, and L. Giles. 1996. Effects of allelochemicals on plant respiration and oxygen isotope fractionation by the alternative oxidase. *Journal of Chemical Ecology*, 22(4): 801-805.
- Peralta P. M. D. R.,** y S. T. L. Volke. 2012. La defensa antioxidante en las plantas: Una herramienta clave para la fitorremediación. *Revista Mexicana de Ingeniería Química*, 11(1): 75-88.
- Philogene, B. J.,** C. Regnault-Roger. P. U. Terrón., and C. Vincent. 2004. Biopesticidas de origen vegetal. Ediciones Mundi-Prensa Madrid España. 10(3): 20
- Plaza, G. A.** 2009. Caracterización de la comunidad de malezas en un sistema de producción de rosa bajo invernadero en la Sabana de Bogotá. *Agronomía Colombiana*, 27(3): 385.
- Price, R. K.,** R. W. Welch, A. M. Lee-Manion., I. Bradbury, and J. J. Strain. 2008. Total phenolics and antioxidant potential in plasma and urine of humans after consumption of wheat bran. *Cereal Chemistry*, 85(2): 152-157.
- Rapoport, E. H.,** J.H. Gowda. 2003. Acerca del origen de las malezas. Escarabajos, diversidad y conservación biológica. Ensayos en homenaje a Gonzalo Halffter. Sociedad Entomológica Aragonesa (S.E.A.) Monografías tercer Milenio M3M, Capítulo 16. vol. 7. I.S.B.N. 978-84-935872-1-5 pp: 203-208.
- Reyes, S. R.,** E. V., Casanova. M. C., Gaona. y C. E. Saldarriaga. (2015). Identificación preliminar de los metabolitos secundarios de los extractos

acuosos y etanólicos del fruto y hojas de *Morinda citrifolia* L. “noni” y cuantificación espectrofotométrica de los flavonoides totales. *UCV-SCIENTIA*, 2(2): 11-22

Ríos, C., y M. Rosabal. 2008. Potencial alelopático de bambúes tropicales. Efecto sobre la germinación y crecimiento de cultivos tropicales. *Centro Agrícola*, 35 (2): 79-84.

Rivas, P. F., J. Castillo H. and L. Ortega R. 2009. Selectivity of herbicides and weed control in the establishment of *Brachiaria brizantha*-*Leucaena leucocephala* mixtures. *Técnica Pecuaria en México*. 47(4): 339-355.

Rodríguez, G. H. y I. Hechevarría S. 2004. Efectos estimulantes del crecimiento de extractos acuosos de plantas medicinales y gel de *Aloe vera* L. NL Burm. *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 9(2): 41-49.

Rodríguez, P. G., F. Zavala G., A. Gutiérrez D., J. Treviño R., C. Ojeda Z., y L. A. Rosa. 2013. Comparación de dos tipos de selección en poblaciones de maíces criollos. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*. 4(4) pp. 569-583.

Rodríguez-Navarro, S., H. Rodríguez-Morell., J. A. Alemán-Martínez., A. Flores-Macías., J. G. Torres- Martínez. 2011. Valuation of quality parameter for rearing *Aceria malherbae* Nuzzaci (Acari: Eriophyidae), a biological control agent of field bind weed, *Convolvulus arvensis* L. *International Journal of Acarology*. 37(3): pp. 235-243.

- Rojas, B.**, y S. Gabriela. 2011. . Efecto del uso de ultrasonidos en la extracción de plantas labiadas combinando etanol y CO₂ supercrítico. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma de Madrid España. pp. 12-43.
- Rojas, G. M.** y G. H. Gámez. 2002. Herbicidas de origen natural. Ciencia UANL, 5(2): 160-164.
- Roth, C. M.**, J. P. Shroyer and G. M. Paulsen. 2000. Allelopathy of sorghum on wheat under several tillage systems. *Agronomy Journal*, 92(5): 855-860.
- Rosales, R. E.**, R. C. Sánchez., J. R. G. Salinas., V. Q. Pecina., J. G. Loera y V. A. E. Esqueda 2006. Periodo Crítico de Competencia de la Correhuela Perenne (*Convolvulus arvensis* L.) en sorgo para Grano. Fitotecnia Mexicana 29(1): 47-53.
- Rosales, R. E.**, T. C. Medina. 2011. Cap. 3. Manejo de Malezas en cultivos basicos, Manejo de malezas en México Vol. 1/ Maleza terrestre, D.R. Universidad Autónoma de Sinaloa; Culiacán Sinaloa México. pp. 154-158.
- Rosario J.**, C Fuentes. y R. De Pardo. 2013. Resistencia de *Parthenium hysterophorus* L. al glifosato: un nuevo biotipo resistente a herbicida en Colombia. Revista Agropecuaria y Forestal. 30(2): pp. 15-18
- Rúa, M. A.**, S. Nijjer., A. Johnson., W. E. Rogers., and E. Siemann. 2008. Experimental approaches to test allelopathy: A case study using the invader *Sapium sebiferum*. *Allelopathy J*, 22(1): 1-13.

- Ruiz, E.,** y López, D. L. M. 2014. Revisión de literatura sobre beneficios asociados al uso de coberturas leguminosas en palma de aceite y otros cultivos permanentes. *Revista Palmas*, 35(1): 53-64.
- Salazar, L. F.,** y E. Hincapié. 2013. Arvenses de mayor interferencia en los cafetales. CENICAFE. Avances técnicos No 359. pp.12.
- Salazar, L. O.,** F. A. Valverde., C. R. B. Correa., M. S. S. Orozco., y C. E. M. Barona. 2009. Evaluación de extractos de fique, coquito, sorgo y ruda como posibles bio-herbicidas. *Acta Agronómica*, 58(2): 103.
- Saltos, V.,** y M. Beatriz. 2008. Estudio fitoquímico de una planta de la flora del Ecuador: *Ambrosia arborescens*. Departamento de ciencias de la vida. Editorial Sangolqui. Republica de Ecuador. pp. 8-32.
- Sampietro, D. A.** 2001. Alelopatía: concepto, características, metodología de estudio e importancia. Fac. de Bioquímica., Quím. y Farm. Un. Nac. de Tucumán, Arg. <http://www.mdp.edu.ar/illia/nueva/Alelopatia/Alelopatia>.
- Sampietro, D. A.** 2002. Alelopatía: Concepto, características, metodología de estudio e importancia. Facultad de Bioquímica, Química y Farmacia. Universidad Nacional de Tucumán Ayacucho Arg. <http://www.unne.edu.biologia/plantas/alelopatia>.
- Sánchez-Blanco., J** y F. Guevara-Féfer. 2013. Plantas arvenses asociadas a cultivos de maíz de temporal en suelos salinos de la ribera del Lago de Cuitzeo, Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana*. 105: 107-129.

- Sepúlveda, J. G.,** D. H. Porta y S. M. Rocha. 2003. La participación de los metabolitos secundarios en la defensa de las plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*. 21(3): 355-361.
- Schulz, M.,** M. Knop, S. Kant., D. Sicker. N. Voloshchuk., A. Gryganski., and A. Golisz. 2006. *Ecophysiology and Allelopathy*. Allelopathy. Springer. 217(4): pp.11-61.
- Scull, I. y L. Savón.** 2003. Determinación de polifenoles totales y taninos condensados en harina de forraje de cuatro variedades de *Vigna unguiculata*. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 37(4): 403-407.
- SENASICA,** 2014. Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Alimentaria (s.f.). Recuperado el 24 de 10 de 2014, de Malezas Reglamentadas: reglamentadas <http://www.senasica.gob.mx/?id=4522>
- Shalinder, K.,** P. S. Harminder, M. Sunil, R. B. Daizy, and K. K. Ravinder. 2010. Phytotoxic effects of volatile oil from *Artemisia scoparia* against weeds and its possible use as a bioherbicide. *Industrial Crops and Products*, 32: 54-61.
- Sharapin, N.** 2000. Extracción de materias primas vegetales. Fundamentos de tecnología de productos fitoterapéuticos. Convenio Andrés Bello No. 78. CYTED. Capítulo 2. Vol. 1 pp. 27-60.
- Silva, D.** 2012. Daños producidos por las malezas y su impacto en la agricultura. (Consultado en Enero 2015). <https://es.scribd.com/doc/105443418/Danos-producidos-por-las-malezas-y-su-impacto>

- Silva-Flores, M. A., J. C. Rodríguez-Maciel, O. Díaz-Gómez y N. Bautista-Martínez.** 2005. Efectividad biológica de un derivado de ácido graso para el control de *Macrosiphum rosae* L. (Homoptera:Aphididae) y *Tetranychus urticae* Koch (Acari:Tetranychidae). *Agrociencia*, 39: 319-325.
- Smith, M. C., B. E. Valverde, A. Merayo and J. F. Fonseca.** 2001. Integrated management of itch grass in a corn cropping system: modeling the effect of control tactics. *Weed Science*, 49(1): 123-134.
- Soto-García, M., M. Rosales-Castro, G. N. Escalona-Cardoso, and N. Paniagua-Castro.** 2016. Evaluation of Hypoglycemic and Genotoxic Effect of Polyphenolic Bark Extract from *Quercus sideroxyla*. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 20(16): Pp. 34-56.
- Sousa, B. A. and R. T. P. Correia** 2012. Phenolic content, antioxidant activity and anti-amylolytic activity of extracts obtained from bioprocessed pineapple and guava wastes. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 29(1): 25-30.
- Stagnari, F. and M. Pisante.** 2010. The critical period for weed competition in French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Mediterranean areas. *Crop Protection*. 30(2): pp. 179-184.
- Swaminathan, C., R. V. Rai, and K. K. Suresh.** 1990. Allelopathic effects of *Parthenium hysterophorus* on germination and seedling growth of a few multi-purpose trees and arable crops. *International Tree Crops Journal*, 6(2-3): 143-150.

- Tamayo, E. L. M.** 2011. Problemática de malezas en hortalizas y su manejo integrado. Manejo de malezas en México Vol. 1/ Maleza terrestre, D.R. Universidad Autónoma de Sinaloa; Culiacán Sinaloa México. pp. 116-125
- Tefera, T.** 2002. Allelopathic effects of *Parthenium hysterophorus* extracts on seed germination and seedling growth of *Eragrostis tef*. Journal of Agronomy 188(5): 306-310.
- Tharayil, N.** 2009. To survive or to slay: Resource-foraging role of metabolites implicated in allelopathy. Plant signaling and behavior, 4(7): 580-583.
- Topal, S., I. Kocacaliskany. and O. Arslan.** 2006. Herbicidal Potential of Catechol as an Allelochemical. 61(1-2): 69-73.
- Torres-Acosta, J. F. D. J., M. Á. Alonso-Díaz., H. Hoste., C. A. Sandoval-Castro y A. J. Aguilar-Caballero.** 2008. Efectos negativos y positivos del consumo de forrajes ricos en taninos en la producción de caprinos. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 9(1): 123-172.
- Torres G. S., M. I. Puente., F. De Cupere., M.G. A Puerto., M. G. Rodríguez.** 2003. Efecto alelopático del boniato (*Ipomoea batatas* L. (Lam.)), sobre la germinación y crecimiento de cultivos y malezas. Centro Agrícola 30(1): pp. 59-63
- Tovar del Río, J.** 2013. Determinación de la actividad antioxidante por DPPH y ABTS de 30 plantas recolectadas en la ecorregión Cafétera. Tesis de Licenciatura, Universidad Tecnológica de Pereira. pp.32-55

- Tucuch-Cauch, F. M.,** F. Orona-Castro, I. H. Almeyda-León, y L. A. Aguirre-Urbe. 2012. Indicadores ecológicos de la comunidad de malezas en el cultivo de mango *Mangifera indica* L. en el Estado Campeche, México. *Python* 82: pp. 145-149.
- Van Driesche, R. G.,** M. Hoddle., T. D. Center., C. E. Ruíz., B. J. Coronada., y A. J. Manuel. 2007. *Control de plagas y malezas por enemigos naturales*. USDA. Biological Control. 13: pp. S2-S33
- Vásquez, J. B. M.,** D. R. S. Coronado y D. M. A. C Martínez. 2007. Evaluación de la actividad antioxidante de extractos orgánicos de semillas de *Heliocarpus terebinthinaceus*. Tesis de Maestría. Universidad Huajuapán de León Oaxaca. pp.9-36.
- Vázquez-Flores, A. A.,** E. M. I. Álvarez-Parrilla, L. I. O. López-Díaz, J. A. Wall-Medrano, A y L. A. De la Rosa. (2012). Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. *Tecnociencia Chihuahua*, 6(2): 84-93.
- Velázquez-Vázquez, B. A.** 2015. Identificación de maleza en estado de plántula. Tesis Licenciatura. Universidad Agraria Antonio Narro. Torreón Coahuila. pp. 7-35.
- Vidotto, F.,** F. Tesio, and A. Ferrero. 2013. Allelopathic effects of *Ambrosia artemisiifolia* L, in the invasive process. *Corp Protection*. 54: 161-167.

- Villegas, M. C.,** G. M. Díaz., R. C. Castro. y L. A. Reyes. 2004. Período crítico de competencia de malezas en trigo (*Triticum aestivum* L.). Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 30(2): 223-234.
- Vivanco, J. M.,** E. Cosio, V. M., Loyola. V y H. E. Flores. 2005. Mecanismos químicos de defensa en las plantas. Investigación y ciencia, 341(2): 68-75.
- Vyvyan, J. R.** 2002. Allelochemicals as leads for new herbicides and agrochemicals. Tetrahedron, 58(9): 1631-1646.
- Xuan, T. D.,** T. Shinkichi., N. H. Hong., T. D. Khanh., and C. I. Min. 2004. Assessment of phytotoxic action of *Ageratum conyzoides* L. (billy goat weed) on weeds. Crop Protection, 23(10): 915-922.
- Zamorano, C.** 2006. Alelopatía: un nuevo reto en la ciencia de las arvenses en el trópico. Agronomía, 14(1): 7-15.
- Zapata, N.,** M. Vargas, y P. Medina. 2011. Actividad fitotóxica de un extracto N-Hexano obtenido de la corteza de *Drimys winteri* sobre cuatro especies de malezas. Planta Daninha Viosa-Mg, 29(2): 323-311.
- Zita, P. G.** 2011, Biología y ecología de la maleza, Manejo de malezas en México Capítulo 2 Vol. 1/ Maleza terrestre, D.R. Universidad Autónoma de Sinaloa; Culiacán Sinaloa México. pp. 13-36.